

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Ana Bačić

PRAĆENJE STANJA BENTOSKIH ZAJEDNICA U PLITKOM
INFRALITORALU NACIONALNOG PARKA KORNATI

Diplomski rad

Zagreb, 2011.

Ovaj rad, izrađen na Pomorskom odjelu Sveučilišta u Zadru, pod vodstvom doc. dr. sc. Stewarta Schultza i suvoditeljstvom doc. dr. sc. Tatjane Bakran-Petricioli, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja prof. biologije i kemije.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

PRAĆENJE STANJA BENTOSKIH ZAJEDNICA U PLITKOM INFRALITORALU NACIONALNOG PARKA KORNATI

Ana Bačić

Rooseveltov trg 6, Zagreb, Hrvatska

Bentoske zajednice su dinamički sustavi koji se mijenjaju zbog prirodnih ili antropogenih utjecaja. Zbog učinkovitog upravljanja zaštićenim i ugroženim morskim područjima nužno je razviti stalni program praćenja stanja bentoskih zajednica. Jedna od metoda koja se može koristiti za praćenje stanja, naročito naselja posidonije, je podmorsko geo-referencirano video-snimanje.

Cilj ovog istraživanja bio je snimanje stanja bentoskih staništa infralitorala podmorja Nacionalnog parka Kornati, uz korištenje originalne metode podmorskog geo-referenciranog video snimanja, kao i određivanje tipa i relativne gustoće vegetacijskog pokrova u istraživanom području.

Tijekom terenskog rada snimljena su 52 geo-referencirana video-transeкта, ukupne dužine 28,4 km, od čega je posidonija zauzimala 14,7 km. Istraživanje je pokazalo da najveću gustoću naselja posidonije imaju na dubinama od oko 12 m, a s porastom dubine (smanjenjem intenziteta svjetlosti) smanjuje se i njihova gustoća. Gustoća algalnog pokrova također se smanjuje s dubinom, dok se naselja rijetke cimodoceje i nepričvrščenih algi pojavljuju na manjim dubinama od onih na kojima dominiraju same alge ili naselja posidonije. Naselja algi i rijetke cimodoceje bila su najgušća na oko 9 m dubine. Plemenita periska (*Pinna nobilis*) najčešće se pojavljivala na oko 11 m dubine.

Rezultati su potvrdili da se podmorskim geo-referenciranim video-snimanjem mogu dobiti podaci visoke kvalitete (prostorno i vizualno), da se oni mogu brzo sakupiti, da se mogu kvantitativno obrađivati te da sama metoda ne oštećuje bentoska staništa i organizme. Obzirom da su podaci geo-referencirani moguće je nakon određenog vremena vratiti se na točne lokacije i ponovo snimiti iste transekte. Kvantitativnom obradom oba seta podataka dobiva se točan uvid u stanje naselja. Zato je ova metoda vrlo prikladna za praćenje stanja bentoskih naselja.

(45 stranica, 38 slika, 3 tablice, 22 literaturnih navoda, hrvatski jezik)

Rad je pohranjen u biblioteci na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, Rooseveltov trg 6

Ključne riječi: praćenje stanja, infralitoral, podmorsko geo-referencirano video-snimanje

Mentor: Doc. dr. sc. Stewart Schultz
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Tatjana Bakran-Petricioli

Ocjenitelji:
Dr. sc. Stewart Schultz, docent
Dr. sc. Tatjana Bakran-Petricioli, docent
Dr. sc. Zdravko Dolenec, izvanredni profesor
Dr. sc. Iva Juranović-Cindrić, docent
Dr. sc. Sanda Rončević, docent

Rad prihvaćen: 11. svibnja 2011.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Division of Biology

Graduation Thesis

MONITORING OF BENTHIC COMMUNITIES IN SHALLOW INFRALITTORAL OF THE NATIONAL PARK KORNATI

Ana Bačić

Rooseveltovej trg 6, Zagreb, Croatia

Benthic communities are dynamic systems that are changing due to natural or anthropogenic impacts. For the purpose of an effective management of protected and endangered marine areas it is necessary to develop a permanent monitoring program for the benthic communities. One of the methods that can be used to monitor benthic communities, in particular *Posidonia oceanica* meadows, is a submarine geo-referenced videography.

The aim of this study was to record the state of benthic habitats in shallow infralittoral of the National Park Kornati, using the original method of underwater geo-referenced videography as well as to determine the type and relative density of vegetation cover in the studied area.

During the fieldwork we recorded 52 geo-positioned video-transects, with the total length of 28.4 km, of which *Posidonia* covered 14.8 km. Research has shown that the highest density of *Posidonia* meadows were at about 12 m of depth, with increased depth (decreased light intensity) density was reduced. Density of algal cover also decreased with depth, while the settlements of sparse *Cymodocea* and loose algae occurred at lower depths than those where the algae or *Posidonia* dominated. The highest density of algae and sparse *Cymodocea* settlements were at about 9 m of depth. The pen shell (*Pinna nobilis*) most often appeared at about 11 m of depth.

The results confirmed that the underwater geo-referenced videography can provide high-quality data (spatial and visual), that they can be quickly collected, that they can be quantitatively analyzed, and that the method does not damage the benthic habitats and organisms. Since the data are geo-referenced it is possible to return to the exact location after a certain time and re-record the same transect. The quantitative analysis of two data sets provides the exact insight into the state of habitat. Therefore, this method is very suitable for monitoring of benthic habitats.

(45 pages, 38 figures, 3 tables, 22 references, original in Croatian)

Thesis deposited in the library at Division of Biology, Faculty of Science, University of Zagreb, Rooseveltov trg 6, Zagreb, Croatia

Key-words: monitoring, infralittoral, underwater geo-referenced videography

Supervisor: Stewart Schultz, Ph. D., Assistant Professor

Co-supervisor: Tatjana Bakran-Petricioli, Ph. D., Assistant Professor

Reviewers:

Stewart Schultz, Ph. D., Assistant Professor

Tatjana Bakran-Petricioli, Ph. D., Assistant Professor

Zdravko Dolenec, Ph. D., Associated Professor

Iva Juranović-Cindrić, Ph. D., Assistant Professor

Sanda Rončević, Ph. D., Assistant Professor

Thesis accepted: May 11, 2011

ZAHVALA

Ovaj diplomski rad rezultat je dijela istraživanja napravljenog tijekom projekta „Staništa NATURA 2000 u infralitoralnoj Nacionalnog parka Kornati“, koji je Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu izradio za Državni zavod za zaštitu prirode RH 2009. godine (sufinanciranje znanstvenog projekta Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske broj 119-0362975-1226: Istraživanje ugroženih staništa morem preplavljenog krša u obalnom moru Hrvatske, voditeljica doc. dr. sc. Tatjana Bakran-Petricioli).

Hvala mojem mentoru doc. dr. sc. Stewartu Schultzu, voditelju znanstvenog projekta Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske broj 269-0362975-3174: Ekologija i praćenje stanja bentoskih životnih zajednica hrvatskoga Jadrana, bez kojeg ovaj rad ne bi bio ostvariv. Ponosna sam i sretna što sam imala prilike raditi s velikim znanstvenikom kao što ste Vi koji se s toliko predanošću i profesionalnošću posvećuje svom radu. Hvala Vam za uloženi trud, vrijeme i za nova znanja koja ste mi prenijeli.

Hvala mojoj suvoditeljici doc. dr. sc. Tatjani Bakran-Petricioli na strpljivosti, pristupačnosti, dragocjenim savjetima i pomoći uvijek kad je to bilo potrebno. Hvala Vam i na organizaciji terenskog rada te na cjelokupnom usmjeravanju. Zahvaljujem i dipl. ing. Donatu Petricioli bez kojeg terenski rad ne bi bio toliko uspješan.

Hvala mojoj cijeloj obitelji što je uvijek bila uz mene, podržavala me i poticala da slijedim svoje snove. Draga mama i tata hvala vam na svemu što ste napravili za mene, omogućili mi lagodan studentski život, podupirali me u svemu što sam htjela i podizali na noge kad je bilo najteže. Hvala dragi brate što si proveo veći dio studentskog života sa mnom, proživljavao sa mnom uspone i padove, pomagao u svemu i ohrabrivao.

Hvala mojim fakultetskim kolegama koji su uvijek bili kolegijalni i pristupačni. Posebno hvala mojim najboljim prijateljicama, Gabi i Pamelu, koje su me uvijek savjetovale, uveseljavale i s kojima sam provela najljepše trenutke studiranja. Cure hvala vam na svemu.

Za kraj, hvala ti dragi Petre što si me podržavao tijekom čitavog studija, bio moj najveći oslonac, čvrsta stijena, usmjeravao me u donošenju pravilnih odluka, ohrabrivao me, tješio i u svemu bio uz mene.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1 Litoralno područje	1
1.2 Infralitoral	1
1.2.1 Biocenoza sitnih ujednačenih pijesaka	1
1.2.2 Biocenoza naselja <i>Posidonia oceanica</i>	2
1.2.3 Biocenoza zamuljenih pijesaka zaštićenih obala	3
1.2.4 Biocenoza infralitoralnih algi	4
1.3 Kartiranje bentoskih zajednica	5
1.3.1 Općenito o kartiranju	5
1.3.2 Metode kartiranja	6
1.4 Praćenje stanja bentoskih zajednica	9
2. CILJ ISTRAŽIVANJA	11
3. ISTRAŽIVANO PODRUČJE	12
4. MATERIJALI I METODE	14
4.1 Princip rada podmorskog geo-referenciranog video-snimanja	14
4.2 Oprema	15
4.3 Snimanje video-transekata	16
4.4 Obrada video-materijala	18
5. REZULTATI	20

5.1 Pregledni prikaz snimljenih transekata	20
5.2 Geopozicionirani transekti na karti NP Kornati i naselja posidonije na njima	22
5.3 Gustoća vegetacijskog pokrova	35
5.4 Plemenita periska (<i>Pinna nobilis</i>) na snimljenim transektima	38
6. RASPRAVA	39
7. ZAKLJUČCI	42
8. LITERATURA	43

1. UVOD

1.1 Litoralno područje

Litoralno područje obuhvaća plitko more do dubine 200 m, a u Jadranu se dijeli na četiri bentoske stepenice: supralitoral, mediolitoral, infralitoral te cirkalitoral (Pérès i Gamulin-Brida, 1973; Bellan-Santini i suradnici, 1994; 2002).

Supralitoral (pojas prskanja valova) te mediolitoral (pojas plime i oseke) obilježavaju ekstremni ekološki uvjeti: dugotrajan nedostatak vlage (supralitoral), povremeno isušivanje (mediolitoral), jaka kolebanja temperature i saliniteta te jak utjecaj valova. Zbog toga u njima živi mali broj organizama koji su prilagođeni takvim ekološkim uvjetima.

Infralitoral je dobro osvijetljeni pojas fotofilnih algi, koje žive na kamenitom dnu, i morskih cvjetnica, koje žive većinom na sedimentnom dnu. Ovaj se pojas nalazi ispod mediolitorala i trajno je preplavljen morem. Zbog stabilnijih ekoloških uvjeta tu je velika raznolikost svojti.

U cirkalitoralu, koji se nalazi ispod infralitorala, opada intenzitet svjetlosti te su takvim uvjetima života prilagođene scijafilne alge koje mogu fotosintetizirati na slabijem svjetlu. Na cirkalitoral se nastavlja batijal (dubine veće od 200 m) u kojem zbog nedostatka svjetlosti žive organizmi prilagođeni heterotrofnoj ishrani tj. ovise o organskoj tvari koja je dospjela iz gornjeg eufotskog sloja mora (Bakran-Petricioli, 2007).

1.2 Infralitoral

Infralitoralna stepenica prostire se od donjeg ruba mediolitorala pa do dubine od tridesetak metara, u južnom Jadranu, zbog veće prozirnosti, i do preko četrdeset metara. Zbog stabilnih ekoloških uvjeta, posebice velikog intenziteta svjetlosti pogodna je za život autotrofnih bentoskih organizama.

Na kamenitoj podlozi razvijene su infralitoralne alge. Muljevito-pjeskovita dna naseljavaju morske cvjetnice *Posidonia oceanica* i *Cymodocea nodosa* kao i zakonom zaštićeni školjkaš plemenita periska *Pinna nobilis* (Bakran-Petricioli, 2007).

1.2.1 Biocenoza sitnih ujednačenih pijesaka

Biocenoza sitnih ujednačenih pijesaka je infralitoralna biocenoza koja zauzima manje površine u hrvatskom dijelu Jadrana, zbog toga što tu prevladavaju kamenita dna. Ona se nastavlja na biocenozu sitnih površinskih pijesaka te se prostire na dubinama od 2,5 do 25 metara. Ovdje žive

brojni školjkaši, mnogočetinaši, amfipodni račići, dekapodni rakovi, nepravilni ježinci kojima je ovo stanište pogodno za pronalazak hrane i zaklon. Unutar ove biocenoze pojavljuje se i asocijacija sa svojom *Cymodocea nodosa*.

1.2.2 Biocenoza naselja cvjetnice *Posidonia oceanica*

Morska cvjetnica *Posidonia oceanica* (L.) Delile razvijena je u infralitoralu na krupnim pijescima s više ili manje mulja ali i na kamenitoj podlozi, od površine mora pa sve do dubine od četrdesetak metara na mjestima gdje je more jako prozirno (Slika 1).

Posidonija se u Jadranu razmnožava većinom vegetativno pomoću pužućih stabljika – rizoma, koje su korjenčićima pričvršćene za podlogu. Iz rizoma rastu pojedini izdanci koji nose 4 do 8 listova. Uspravan rast izdanaka je prilagodba koja omogućuje biljci da ne bude zatrpana sedimentom. Biljka se u Jadranu rjeđe razmnožava spolno.



Slika 1. Morska cvjetnica *Posidonia oceanica* tvori gusta naselja u plitkom infralitoralnom području (preuzeto iz Bakran-Petricioli, 2007)

Od karakterističnih svojta koje nalazimo u biocenozi naselja vrste *Posidonia oceanica* su: školjkaš *Venus verrucosa* koji živi u sedimentu na rizomima kao i crvene alge roda *Peyssonnelia* te zelena alga *Flabellia petiolata*. Od bodljikaša ovdje živi *Paracentrotus lividus*, crvena zvjezdača *Echinaster sepositus*, trp *Holothuria tubulosa*, školjkaš plemenita periska *Pinna nobilis* (Slika 2), a na listovima nalazimo tanke crvene kalcificirane alge roda *Hydrolithon*, obrubnjake *Sertularia perpusilla*, mahovnjake *Electra posidoniae* kao i puževe *Bittium reticulatum* (Bakran-Petricioli, 2007).



Slika 2. Zakonom zaštićeni školjkaš plemenita periska (*Pinna nobilis*) u naselju posidonije (preuzeto iz Bakran-Petricioli, 2007)

Naselja posidonije imaju veliku ulogu u morskom ekosustavu jer je posidonija jedan od najvažnijih primarnih proizvođača, organizmi pronalaze zaklon i hranu u gustim naseljima posidonije, razmnožavaju se unutar naselja, a u gornjim slojevima među listovima ima dosta kisika i svjetlosti.

Naselja posidonije su izložena ljudskom utjecaju, a zbog toga što ova biljka dugo živi i sporo raste (naselja se sporo obnavljaju) izrazito su ugrožena. Posidoniji škodi povećana količina organske tvari u moru (koja može biti posljedica nasipavanja i gradnje u blizini ili marikulture neposredno iznad naselja), invazivne vrste kao što su zelene alge *Caulerpa taxifolia* i *Caulerpa racemosa*, sidrenje koje mehanički oštećuje naselja. Zbog toga je potrebno uvesti mjere zaštite u svrhu očuvanja naselja posidonije (Bakran-Petricioli, 2007).

1.2.3 Biocenoza zamuljenih pijesaka zaštićenih obala

Biocenoza zamuljenih pijesaka zaštićenih obala prisutna je u zatvorenim uvalama, gdje je utjecaj valova malen pa je zbog toga moguća sedimentacija finijih čestica sedimenta. Zbog veće količine organske tvari u ovoj zajednici česti su organizmi koji se hrane filtriranjem morske vode te organskim detritusom. Od morskih cvjetnica ovdje su prisutne *Zostera noltii* i *Cymodocea nodosa*, od školjkaša je prisutna plemenita periska *Pinna nobilis* (Slika 3).

Biocenoza zamuljenih pijesaka zaštićenih obala ugrožena je zbog toga što zauzima male površine infralitorala na kojima je ljudski utjecaj velik (Bakran-Petricioli 2007).



Slika 3. Plemenita periska (*Pinna nobilis*) u cimodoceji (preuzeto iz Bakran-Petricioli, 2007)

1.2.4 Biocenoza infralitoralnih alga

Biocenoza infralitoralnih algi razvija se na čvrstom dnu. Količina svjetlosti je velika pa zbog toga dominiraju fotofilne alge koje se rasprostiru od površine mora pa do dubine 30 m. Intenzitet svjetlosti se smanjuje s dubinom pa se na većim dubinama pojavljuju scijafilne alge kao npr. vrsta *Flabellia petiolata*.

Od fotofilnih alga u ovoj biocenozi prisutne su: *Padina pavonica* (Slika 4, lijevo), *Dictyota dichotoma*, *Laurencia obtusa*, *Codium bursa*, od spužvi su prisutne *Chondrilla nucula* te žuta sumporača *Aplysina aerophoba* (Slika 4, desno). U ovoj biocenozi prisutna je i smeđa vlasulja *Anemonia viridis*, puž *Haliotis tuberculata*, školjkaš *Arca noae*, prstac *Lithophaga lithophaga*, hobotnica *Octopus vulgaris*, bodljikaši *Arbacia lixula* te hridinski ježinac *Paracentrotus lividus* (Bakran-Petricioli, 2007).



Slika 4. Smeđa alga *Padina pavonica* (lijevo) i spužva žuta sumporača (*Aplysina aerophoba*, desno) karakteristične su za biocenuzu infralitoralnih algi (preuzeto iz Bakran-Petricioli, 2007)

Biocenoza infralitoralnih algi ugrožena je zbog povećane eutrofikacije u uskom obalnom pojasu djelovanjem ljudskih aktivnosti. Osim toga invazivne vrste kao što su *Caulerpa taxifolia* i *Caulerpa racemosa* ugrožavaju ovo stanište te je zbog toga nužno odrediti mjere zaštite u svrhu očuvanja navedene biocenoze (Bakran-Petricioli, 2007).

1.3 Kartiranje bentoskih zajednica

1.3.1 Općenito o kartiranju

Kartiranje bentoskih zajednica i staništa je posao koji zahtijeva multidisciplinarnost i suradnju različitih znanosti poput biologije, kemije, geologije te oceanografije. Podaci o tipu dna, topografiji, prisutnim vrstama organizama, količini kisika i sl., potrebni su da bi se stvorila vjerodostojna slika morskog dna (Finkbeiner i sur., 2001).

Odabir alata i tehnologije za kartiranje određenog područja ovisi o tome koliko nastala karta mora biti detaljna i dubini područja kojeg treba kartirati. Zato je važno prije odabira metode znati svrhu kartiranja. Ukoliko je potrebno izraditi samo okvirnu sliku nekog plitkog morskog područja na kojoj nećemo moći razlikovati pojedine zajednice, već eventualno razlike u dubini i pokrovnosti, tada je dovoljno satelitsko snimanje. Ako pak želimo izraditi kartu morskog dna koja će biti dovoljno precizna da na njoj možemo razlučiti pojedine zajednice, strukture pod morskom površinom i sl., tada će biti potrebno koristiti sustave koji imaju visoku razlučivost poput aerofoto snimaka ili ultrazvučnog snimanja. Važno je spomenuti da za što bolji rezultat često treba kombinirati različite metode (Finkbeiner i sur., 2001).

Fizikalne karakteristike istraživanih područja vrlo su bitne. Prozirnost mora, dubina, izgled morskog dna te veličina područja određivati će kojim ćemo se alatom služiti pri kartiranju. Također treba voditi računa o morskim mijenama, mirnoći mora te treba obratiti pozornost na sezonalnost. Plitka obalna područja gdje je more dovoljno prozirno mogu biti kartirana korištenjem satelitskih snimaka ili aerofoto snimaka. Takve metode ovise o refleksiji svjetlosti, kako od morske površine tako i od čestica u moru, pa je njihova upotreba ograničena na fotičku zonu. S druge strane, u ušćima rijeka i sličnim područjima koja su manje prozirna, često su čestice finog sedimenta prisutne u stupcu vode. Ta je područja potrebno kartirati koristeći neku od ultrazvučnih metoda umjesto metoda snimanja iz zraka (Finkbeiner i sur., 2001). Spomenute metode (ultrazvučno snimanje, satelitske ili aerofoto snimke) su „daljinske“. To znači da uvijek treba napraviti i stvarno uzorkovanje/snimanje *in situ* za provjeru i kalibriranje podataka koje smo dobili daljinskim snimanjem.

1.3.2 Metode kartiranja

Bentoske zajednice kartiraju se i proučavaju korištenjem širokog spektra različitih alata i metoda. Neke od metoda koriste se kako bi se prikazala relativno velika područja (na primjer, reda veličine od nekoliko stotina do više tisuća kvadratnih kilometara). Takve metode nazivamo indirektnim i služe nam za dobivanje opće slike nekog područja koje nam je interesantno. Najpoznatije indirektnne metode koje se danas koriste u svijetu su satelitsko snimanje, aerofoto snimanje te akustično tj. ultrazvučno snimanje morskog dna (Kirkman, 1990).

Različite optičke i fizičke metode uzorkovanja omogućavaju znanstvenicima da detaljnije prouče manje dijelove morskog dna. Takve, direktne metode su u prvom redu ronjenje s autonomnim ronilačkim aparatom (SCUBA ronjenje) duž ronilačkih transekata, zatim ronjenje na dah u vrlo plitkim područjima, snimanje uz pomoć daljinski upravljano podvodnog plovila, lasersko snimanje te uzorkovanje sedimenta i organizama. Direktne metode omogućavaju prikupljanje detaljnijih podataka o manjim područjima morskog dna te se uz pomoć njih kalibriraju i potvrđuju rezultati indirektnih metoda snimanja. Detaljnije istraživanje potrebno je jer omogućava izradu precizne karte morskih staništa i zajednica (Stoddart, 1978).

Satelitsko snimanje

Sateliti omogućavaju promatranje jako velikih područja Zemlje u vrlo kratkom vremenskom periodu, odnosno, vrlo su efikasni. Satelitski senzori stvaraju sliku Zemlje iz svemira koristeći elektromagnetsko zračenje koje pokriva cijeli niz frekvencija, od radio valova do gama zraka. Elektromagnetsko zračenje sa Sunca ili samog satelita stiže do objekata na površini Zemlje, a dio tog zračenja reflektira se natrag do satelita. Senzori na satelitu mjere valnu duljinu i intenzitet reflektiranog zračenja. Različiti objekti različito će reflektirati zračenje (Finkbeiner i sur., 2001).

Satelitsko snimanje je povoljno iz razloga jer omogućava snimanje velikih područja uz relativno mali trošak. Najveći problem je mala razlučivost koju standardni uređaji omogućavaju te osjetljivost na okolišne uvjete. Oblaci na nebu, refleksija s površine mora ili uzburkano more često u potpunosti onemogućavaju stvaranje kvalitetne slike (Zainal i sur., 1993).

Nove generacije uređaja za satelitsko snimanje poput sustava IKONOS pokazale su se vrlo učinkovite npr. za snimanje velikih područja koja zauzimaju naselja morske cvjetnice *Posidonia oceanica*. Novi satelitski sustavi po kvaliteti snimaka približavaju se aerofoto snimkama, ali samo u optimalnim uvjetima snimanja (Fornes i sur., 2006).

Aerofoto snimanje

Aerofoto snimanje je vrlo koristan i učinkovit alat za kartiranje zajednica unutar plićeg dijela fotičke zone. Neki od podataka koji se mogu dobiti korištenjem aerofoto snimaka su prostorni

raspored zajednica, fragmentacija staništa, biomasa podvodne vegetacije i sl. Nešto je teže utvrditi kvalitetu zajednice, njeno stanje i sastav vrsta te vrstu sedimenta na morskom dnu. Staništa koja se mogu učinkovito odrediti uz pomoć aerofoto snimaka su naselja morskih cvjetnica, sedimentna dna bez značajnijeg pokrova, čvrsta dna s makroalgama, koraljni grebeni i sl. (Finkbeiner i sur., 2001).

Aerofoto snimanje vrlo je učinkovita metoda za kartiranje bentoskih zajednica (Sheppard i sur., 1995) i brojne su prednosti ovog načina kartiranja nad drugim metodama indirektnog snimanja: visoka prostorna rezolucija koja se može prilagođavati ovisno o potrebama i postavljenom cilju istraživanja, istraživanje je moguće provesti onda kada su okolišni uvjeti optimalni, let se može planirati i obaviti u željenom godišnjem periodu, s aerofoto snimkama lako se manipulira, potrebno ih je ortorektificirati i digitalizirati za upotrebu pri kartiranju, lako se uklapaju u prostorne planove i planove gospodarenja određenim prostorom jer prikazuju vjernu sliku određenog područja (Orth i sur., 1991).

Nedostatak ove metode je cijena jer je snimanje aerofotografije u pravilu skupo i potrebno je snimiti više desetaka odvojenih slika kako bi se dobila cjelovita slika nekog područja. Također aerofoto snimke je vrlo teško pravilno orijentirati u prostoru ukoliko je područje snimanja udaljeno od obale i ne postoje nepomični objekti pomoću kojih bi se mogla izvršiti ortorektifikacija. Nedostatak svjetlosti može biti problem za tumačenje slika nešto dubljih i manje prozirnih područja mora. Kao i kod satelitskog snimanja, nedostaci aerofoto snimanja dolaze do izražaja u uvjetima nemirnog mora, neželjene refleksije s morske površine i oblačnog vremena pri čemu oblaci zaklanjaju objekte koje želimo snimiti (Short i Coles, 2001).

Ultrazvučno (akustično) snimanje

Ova metoda se koristi za snimanje zajednica na većim dubinama i za one zajednice na područjima gdje je more uzburkano, mutno te na ostalim područjima gdje svjetlost iz različitih razloga ne stiže do morskog dna pa se s toga svjetlosni signal ne može vratiti do uređaja na zrakoplovu ili satelitu. Pod morem se u takvim uvjetima mogu koristiti zvučni signali. Uz pomoć zvuka različitih frekvencija može se dobiti slika morskog dna. Većina sustava koji koriste zvuk kao način stvaranja slike montirana je ili na dno plovila ili na dodatni uređaj koji se povlači iza plovila. U pravilu se za kartiranje uz pomoć zvuka koriste veći brodovi i to zbog složene opreme koja je potrebna za takva istraživanja. Batimetrijska istraživanja koja koriste zvučne odašiljače s jednom ili više zraka provode se za dobivanje slike morskog dna opsežnijih morskih područja. Na taj način stvara se slika dna koja olakšava navigaciju i ribarenje (Finkbeiner i sur., 2001).

Ronjenje s autonomnim ronilačkim aparatom

Ronjenje s autonomnim ronilačkim aparatom (SCUBA ronjenje) je u pravilu zahtjevno i opasno te na prvom mjestu mora biti sigurnost ronioca. Također, rad pod morem je ograničen, i dubinom, i vremenom, te se uglavnom svodi na oko sat vremena dnevno (Bakran-Petricioli,

2007). Na ovaj način može se kartirati/pregledati mala područja, a kako je ronjenje također i skupo jasno je zbog čega se veliki trud ulaže u razvijanje prikladnijih metoda kartiranja. Ipak, ronjenje je neophodno kao metoda kojom se potvrđuju rezultati neizravnih mjerenja te kao metoda kalibracije instrumentalnih metoda (Piazzi i sur., 2000).

Lasersko snimanje

Sustavi za lasersko snimanje morskog dna poput sustava LIDAR (Light detection and ranging) koriste se u prvom redu za dobivanje detaljnije slike terena, a manje za utvrđivanje bentoskih zajednica. To je koristan alat koji stvara vrlo precizne modele terena koji se oni koriste u GIS informacijskim sustavima pri stvaranju karata. Preduvjet za korištenje ove metode pod morem je vrlo bistro more – jer inače nije moguće koristiti laser. Sustavi LIDAR koriste kombinaciju podataka dobivenih laserskim senzorima koji se montiraju na zrakoplove i podataka dobivenih GPS uređajima za stvaranje slike površine morskog dna (Finkbeiner i sur., 2001).

Uzorkovanje sedimenta i organizama

Uzorkovanje sedimenta i organizama u procesu kartiranja bentoskih zajednica koristi se kako bi se iznimno precizno i detaljno opisalo neko manje područje istraživanja. U većini slučajeva indirektnim kartiranjem nije moguće ustanoviti sastav vrsta neke bentoske zajednice ili granulaciju sedimenta na dnu. Uzorkovanjem se mogu provesti i razna druga biokemijska i fizikalna istraživanja. Načini uzorkovanja su različiti. Često se uzorkovanje vrši ručno, tako da ronilac sakupi sediment u posebne posude ili da sakupi različite vrste organizama. Na pomičnoj podlozi uzorkovanje se može vršiti i uz pomoć različitih grabila, korera ili jezgrila i sl. Na čvrstoj podlozi takav način uzorkovanja nije moguć pa se sakupljaju organizmi s površine dna (Finkbeiner i sur., 2001).

Nakon dobivanja slike površine morskog dna, potrebno je protumačiti što ta slika predstavlja. Za precizno tumačenje potrebno je provesti direktna istraživanja i uzorkovanja sedimenta i organizama na dnu (Piazzi i sur., 2000).

Za ispravno tumačenje karte bitno je poznavanje mjerila u kojem je izrađena kako bi mogli znati odnos veličina određenih struktura na karti naspram onih na terenu. Da bi mogli zamijetiti relativno male strukture i objekte na karti, tj. da bi karta bila precizna, potrebno ju je izraditi u što manjem mjerilu. Naravno, mjerilo u kojem će biti izrađena karta ovisi o svrsi za koju je ta karta namijenjena (Finkbeiner i sur., 2001).

Učinkovito kartiranje bentosa i bentoskih zajednica podrazumijeva kombinaciju daljinskog snimanja i to direktnog promatranja i uzorkovanja. Daljinskim snimanjem indirektno se dobivaju podaci, a da se pri tome ne uznemiravaju ili uništavaju organizmi i zajednice na morskom dnu (Green i sur., 2000).

1.4 Praćenje stanja bentoskih zajednica

Praćenje stanja (monitoring) je ponovljeno promatranje nekog sustava da bi se otkrile promjene koje su se dogodile tijekom vremena. Važno je naglasiti da kartiranje i praćenje stanja zajednica nije ista stvar. Kartiranje i praćenje stanja često mogu imati proturječne ciljeve i koristiti vrlo različite metode. Bentoske zajednice su dinamički sustavi koji se mijenjaju zbog prirodnih ili antropogenih utjecaja te su podaci dobiveni kartiranjem kratkoročni. Zato je nužno razviti stalni program praćenja stanja bentoskih zajednica koji je u funkciji učinkovitog upravljanja zaštićenim i ugroženim morskim područjima.

Važnost praćenja stanja bentoskih zajednica vrlo se lijepo može prikazati na primjeru s naseljima morskih cvjetnica. Morske cvjetnice prekrivaju od 0,1 do 0,2 % svjetskog oceanskog dna (Duarte, 2002) te igraju veliku ulogu u morskom ekosustavu: stabiliziraju sediment, omogućuju hranu, zaklon i razmnožavanje morskim organizmima (Hossain, 2005). U posljednja dva desetljeća zbog direktnog i indirektnog ljudskog utjecaja gubitci naselja posidonije premašuju 33 000 km² (Short i sur., 2006). Oporavak naselja posidonije nakon nekog poremećaja traje i do nekoliko godina. Aktivnosti koje ugrožavaju staništa posidonije su: direktno uništavanje naselja posidonije jaružanjem, plovidba, ribolov, povećane količine organske tvari u moru, zagađenje herbicidima, teškim metalima, gradnja luka, nasipavanje u more. Morske cvjetnice su osjetljive i na klimatske promjene kao što su cikloni, poplave i oluje.

Važno je pratiti promjene kao što su zdravlje, otpornost i distribucija morskih cvjetnica tako da možemo usvojiti odgovarajuće strategije upravljanja i na vrijeme reagirati kako bi se spriječili gubitci velikih razmjera (Schultz, 2008). Otpornost je sposobnost morskih cvjetnica da se oporave nakon nekog poremećaja i to se može pratiti kroz određeni vremenski interval. Praćenje zdravlja *in situ* zahtijeva opis promjena u specifičnoj morskoj zajednici preko jedne ili više varijabli. Varijable koje se najčešće koriste za otkrivanje malih promjena stanja morskih cvjetnica su: biomasa, gustoća i produktivnost (Kirkman, 1996).

Praćenje stanja se može provesti daljinskim snimanjem ili *in situ* tehnikama. Do sada se praćenje stanja zajednica morskih cvjetnica provodilo: satelitskim ili aerofoto snimanjem, ultrazvučnim snimanjem, podvodnim snimanjem, direktnim promatranjem/uzorkovanjem s označenim kvadratima i transektima. Međutim, sve te metode ne mogu otkriti gubitke posidonije od 10 % i manje (Schultz, 2008) zbog niza razloga: zračne fotografije ne mogu lako detektirati promjene u gustoći ili biomasi morskih cvjetnica, kvalitetu slike ometa sunčeva svjetlost, sjena, oblaci i valovi, mnoge metode zahtijevaju velik utrošak vremena i skupe su. Duarte (2002) naglašava kako je potrebno dizajnirati osjetljivije praćenje stanja koje će moći otkriti gubitke od 10 % pa i manje.

Zbog svega toga je potrebno nadalje razvijati relativno jednostavnu i jeftinu metodu kartiranja morskih cvjetnica, odnosno bentoskih zajednica općenito, koja će dovoljno detaljno prikazati

nultno stanje, kao i stanje nakon određenog vremenskog perioda bez ponovnog kartiranja dna, koje iziskuje dosta vremena, novca i stručnosti. Na taj način bit će moguće na vrijeme uočiti statistički značajne, a time i relevantne promjene u pojedinoj bentoskoj zajednici.

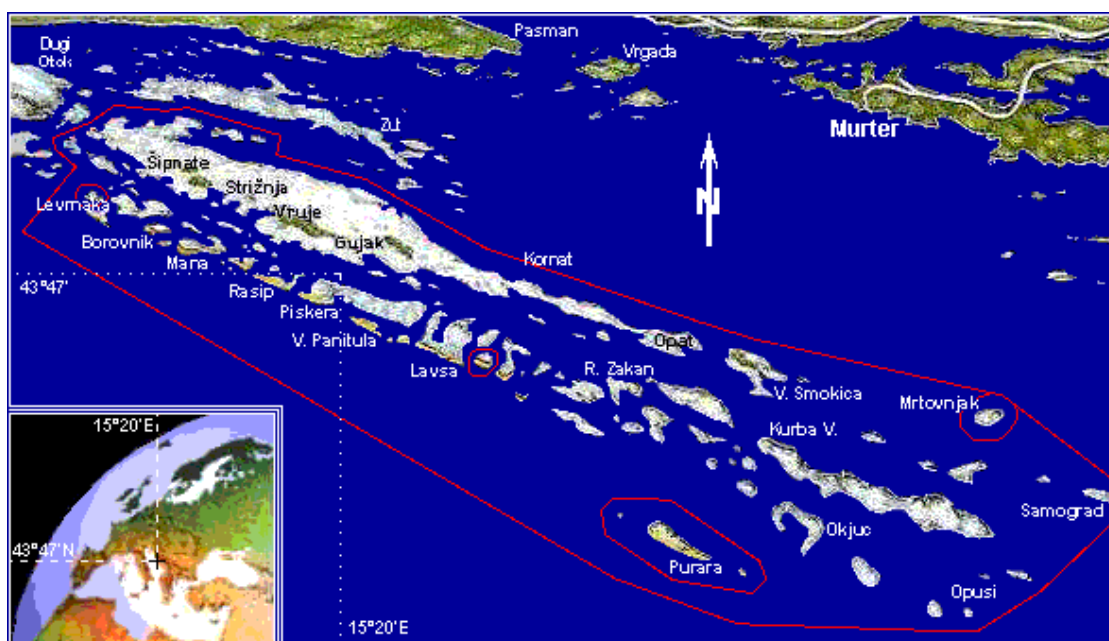
Metoda geo-referencirane podmorske videografije (Schultz, 2008) ima niz prednosti: visoku prostornu i vizualnu rezoluciju, brzo sakupljanje podataka, istovremeno se može pratiti više varijabli, tijekom snimanja ne oštećuju se bentoska staništa i organizmi, kvantitativnom obradom podataka moguće je odrediti gustoću vegetacijskog pokrova, a najveća prednost je ta što svaki centimetar dna na kojem se nalaze bentoska staništa i organizmi ostaje trajno zabilježen - jer je određen s točnom geo-pozicijom. Takvom metodom dovoljno je nakon određenog vremena vratiti se na nekoliko reprezentativnih transekata, koji su određeni točnom geo-pozicijom, ponovo ih snimiti, zatim ih usporediti s prvotnima te na temelju obrade podataka precizno utvrditi da li je došlo do promjene stanja u bentoskoj zajednici. Zbog toga se ova metoda nameće kao metoda izbora za praćenje stanja infralitoralnih zajednica npr. posidonije, jer nije nužno ponovno kartiranje mora već je dovoljno svako toliko napraviti nekoliko reprezentativnih video-transekata te ih usporediti.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog istraživanja bio je praćenje stanja infralitoralnih bentoskih staništa u podmorju Nacionalnog parka Kornati, odnosno snimanje nultog stanja zajednica uz korištenje originalne metode geo-referenciranog podmorskog video snimanja. Cilj je također bio odrediti tip i relativnu gustoću vegetacijskog pokrova u istraživanim zajednicama.

3. ISTRAŽIVANO PODRUČJE

Nacionalni park Kornati smješten je u srednjoj Dalmaciji, na sutoku šibenskih i zadarskih otoka (Slika 5). Zbog raznolikih zajednica morskog ekosustava, krajobrazne ljepote, zanimljive geomorfologije i velike razvedenosti obalne linije proglašen je nacionalnim parkom 1980. godine. Park ima površinu od 218 km² i uključuje ukupno 89 otoka, otočića i grebeni s približno 238 km obalne crte. Od ukupne površine parka 3/4 pripada morskome ekosustavu. Jedan od najpoznatijih prirodnih fenomena Parka su zanimljivi strmci na vanjskom otočnom nizu, koji se spuštaju okomito u more i do dubine od 90 metara.



Slika 5. Granice Nacionalnog parka Kornati, preuzeto s internetske stranice <http://www.kornati.hr/hrv/orijentacija.asp>

Bentosku floru NP Kornati čine 352 svojte od čega dominiraju crvene alge (Rhodophyta) s 225 svojti, zatim smeđe alge (Phaeophyta) sa 75 svojti, zelene alge (Chlorophyta) s 52 svojte te tri vrste morskih cvjetnica od kojih dominira vrsta *Posidonia oceanica*. Naselja posidonije su biološki najbogatije zajednice u Sredozemlju te su važne za očuvanje bioraznolikosti.

Od morske faune, prema dosadašnjim istraživanjima, utvrđeno je preko 850 svojti makro i meiofaune. Od toga su prisutni na primjer: koralji (22 vrste), mekušci (177 vrsta), mnogočetinaši (127 vrsta), desetonožni raci (55 vrsta), bodljikaši (64 vrste), ribe (160 vrsta) (<http://www.kornati.hr/hrv/unesco.asp>).

Na sjeverozapadu od Kornatskog otočja nalazi se Dugi otok sa svojim dubokim zaljevom Telašćicom, koji zajedno čine jedinstvenu prirodnu i kulturnu cjelinu. Zaljev Telašćica s pripadajućim kopnom i otocima zasebno je zaštićeno područje s nešto blažim oblikom zaštite: Park prirode Telašćica.

Tijekom terenskog rada baza polaska bilo je mjesto Sali na Dugom otoku, a uvala iz koje smo kretali bila je Mala Proversa u Parku prirode Telašćica. Tijekom ovog istraživanja nastojali smo obuhvatiti što je više moguće infralitoralnog područja Nacionalnog parka Kornati. Tako smo transekte snimili oko otoka Kornata i u njegovim uvalama Pivćena, Lupešćina, Kravljačica, Donji i Gornji Stival, Modri bok, zatim oko otoka Šilo Veliko i Malo, Aba Velika, Svršata Velika i Mala, Bisaga, Sušica, Blitvica, Levrnaka (uvala Levrnaka), Mrtovac, Borovnik, Balun, Piškera, Gustac, Lavsa, Buč Veliki i Mali (Slika 5).

Ovaj diplomski rad je rezultat dijela istraživanja napravljenog tijekom projekta „Staništa NATURA 2000 u infralitoralu Nacionalnog parka Kornati“ (Bakran-Petricioli i sur., 2009), koji je Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu izradio za Državni zavod za zaštitu prirode RH (sufinanciranje znanstvenog projekta Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske broj 119-0362975-1226: Istraživanje ugroženih staništa morem preplavljenog krša u obalnom moru Hrvatske, voditeljica T. Bakran-Petricioli), kao i rada na znanstvenom projektu Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske broj 269-0362975-3174: Ekologija i praćenje stanja bentoskih životnih zajednica hrvatskoga Jadrana (voditelj S. Schultz).

4. MATERIJALI I METODE

Ovaj rad napravljen je u sklopu projekta „Staništa NATURA 2000 u infralitoralu Nacionalnog parka Kornati“ (Bakran-Petricioli i sur., 2009).

4.1 Princip rada podmorskog geo-referenciranog video-snimanja

Za ovu metodu koristili smo podvodnu videokameru kojom smo snimali bentoske zajednice točno ispod plovila. Video signal iz podvodne kamere dolazio je kablom u ručnu video-kameru na plovilu. Istovremeno su u ručnu video-kameru dolazili: signal s uređaja GPS, kao i signal s dubinomjera koji je bio montiran na dnu plovila. Automobilski akumulator je korišten kao izvor energije. Da bi podvodna kamera bila točno ispod plovila pričvrstili smo ju na tešku metalnu konstrukciju u obliku ribe (Slika 6). Prema tome, na video snimci bentoskih zajednica i organizama snimljenoj na traku ručne video kamere bio je istovremeno vidljiv i niz podataka: datum, točno vrijeme, točna geo-poziciju, smjer transekta, brzina plovila te dubina ispod njega tj. dubina bentoske zajednice (Slika 7).

Podmorsko geo-referencirano video-snimanje je metoda s više prednosti, uključujući visoku prostornu i vizualnu rezoluciju, brzo sakupljanje velikog broja podataka, a prilikom snimanja ne oštećuju se bentoske zajednice i organizmi (Schultz, 2008).



Slika 6. Metalna konstrukcija - „riba“ - na čijem „repu“ je pričvršćena podvodna kamera tako da može snimati dno pod pravim kutom (snimila T. Bakran-Petricioli)



Slika 7. Primjer fotografije skinute s video-zapisa na kojoj se osim gustog naselja posidonije vide točni podaci o geo-poziciji, smjeru transekta, vremenu, datumu, brzini plovila te dubini ispod njega

4.2 Oprema

Prilikom terenskog rada koristili smo gumenjak s motorom od 25 KS (Slika 8). Vožnja tijekom snimanja je trebala biti umjerena (od 0,5 do 1,5 čvorova, optimalno 0,8 čvorova). Važno je naglasiti da se moglo snimati samo za vrijeme povoljnih vremenskih uvjeta, odnosno kad je more bilo mirno.



Slika 8. Gumenjak koji je korišten za terenski rad, na njemu je vidljiva oprema spremna za podvodno snimanje (snimila T. Bakran-Petricioli)

Na čamcu je prije isplovljivanja trebalo sve uređaje spojiti i složiti kako bi se spremno moglo isploviti na željeno mjesto snimanja (Slika 8).

4.3 Snimanje video-transekata

Posada se sastojala od četiri osobe koja je svaka imala određen zadatak: 1. gledati video snimku na ručnoj video-kameri te u slučaju potrebe upozoravati na dubinu; 2. podizati i spuštati konop i kabel, ovisno o dubini snimanja; 3. brinuti za uređaj GPS te njegovu optimalnu komunikaciju s ostalim dijelovima sustava; i 4. prilagođavati brzinu plovila te brinuti o položaju plovila u odnosu na obalu (Slika 9).

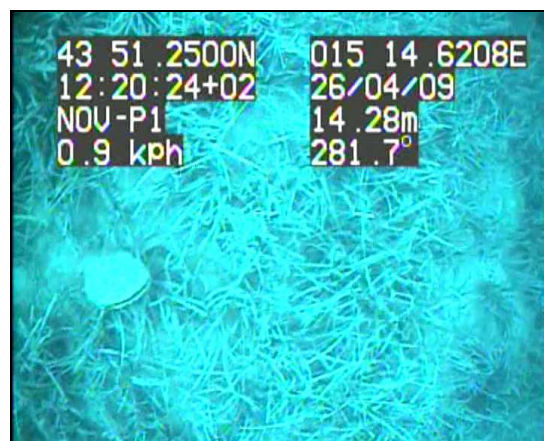


Slika 9. Svatko od četiri člana posade imao je određeni zadatak tijekom snimanja video-transekata (fotografije D. Petricioli i T. Bakran-Petricioli)

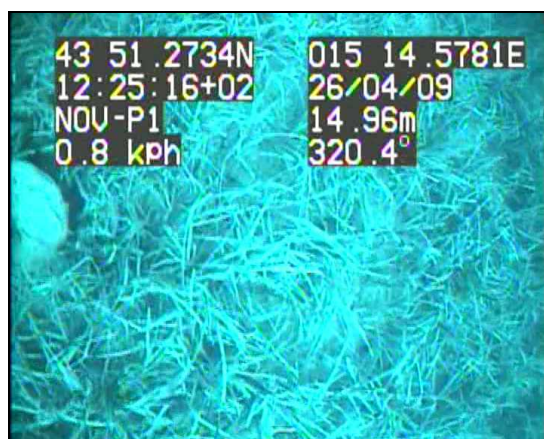
Na Slici 10 dan je prikaz nekoliko fotografija, skinutih s video zapisa transekta snimljenog u NP Kornati, na kojima se vide različite bentoske zajednice i različita pokrovnost.



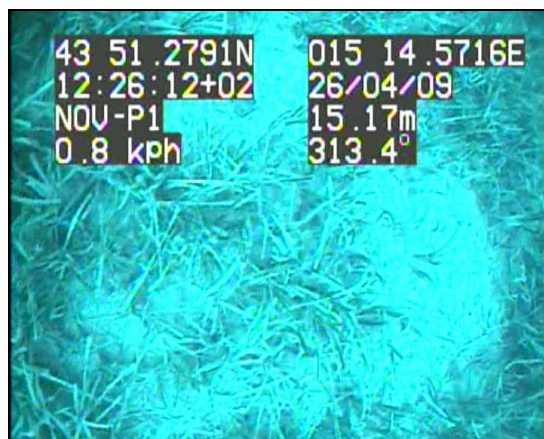
a)



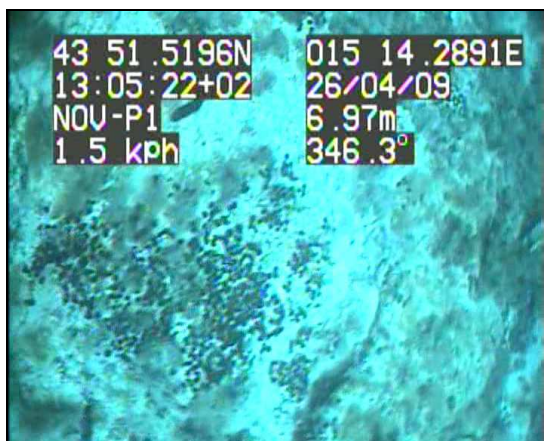
b)



c)



d)



e)



f)

Slika 10. Različite bentoske zajednice snimljene na transektu: a) početak naselja posidonije na dubini od 13,6 m; b) živa plemenita periska u naselju posidonije; c) gusto naselje posidonije; d) prorijeđeno naselje posidonije na kojem se vidi sedimentno dno; e) biocenoza infralitoralnih algi; f) rijetko naselje cimodoceje

Tijekom terenskog rada ukupno je snimljeno 52 geo-pozicionirana video-transekata, ukupne dužine 28485,38 metara (vidi Tablicu 3). Transekti su snimljeni tijekom četiri terenska izlaska 2009. godine: 26. travnja (1 transekt), 9. lipnja (9 transekata), 10. lipnja (7 transekata), 11. lipnja

(15 transekata), 12. lipnja (5 transekta), 9. kolovoza (1 transekt), 11. kolovoza (2 transekta), 13. kolovoza (6 transekata), 6. prosinca (2 transekta) te 7. prosinca (5 transekata).

4.4 Obrada video-materijala

Svakodnevno nakon obavljenog terenskog rada video-materijali su presnimavani na DVD. Sveukupno je snimljeno 15 DVD-ova na kojima se nalaze video-transekti. Obrada snimljenog materijala sastojala se od gledanja video zapisa i upisivanja podataka za svake dvije 2 sekunde transekta u jedinstvenu Excel tablicu (Tablica 1). Obrada svakog pojedinog DVD-a trajala je jedan i pol radni dan. Podaci koji su upisivani u tablicu bili su: dubina u metrima, prisutnost (d = da) ili odsutnost (n = ne) posidonije i periski, tip vegetacijskog pokrova, gustoća vegetacijskog pokrova, tip dna te eventualno prisutan ribolovni alat (Tablica 2).

Tablica 1. Primjer obrade podataka: dio ispunjene tablice s podacima zabilježenim na video-transektu snimljenom 26. travnja 2009. godine u NP Kornati (d = da, prisutnost ili n = ne, odsutnost posidonije, periski, ribolovnih alata; objašnjenje ostalih simbola u Tablici 2)

Datum i vrijeme snimanja	Dubina	Posidonija	Periska	Tip vegetacije	Gustoća vegetacije	Tip dna	Ribolovni alat
04.26.2009 12:17:18	13,50	n	n	A	1	S	n
04.26.2009 12:17:19	13,50	n	n	A	1	S	n
04.26.2009 12:17:20	13,50	n	n	A	1	S	n
04.26.2009 12:17:21	13,50	n	n	A	1	S	n
04.26.2009 12:17:22	13,50	n	n	A	1	S	n
04.26.2009 12:17:23	13,50	n	n	A	1	S	n
04.26.2009 12:17:24	13,50	n	n	A	1	S	n
04.26.2009 12:17:25	13,50	n	n	A	1	S	n
04.26.2009 12:17:26	13,50	n	n	A	1	S	n
04.26.2009 12:17:27	13,50	n	n	A	1	S	n
04.26.2009 12:17:28	13,50	n	n	A	1	S	n
04.26.2009 12:17:29	13,50	n	n	A	1	S	n
04.26.2009 12:17:30	13,50	n	n	A	1	S	n
04.26.2009 12:17:31	13,50	n	n	A	1	S	n
04.26.2009 12:17:32	13,50	d	n	P	2	S	n
04.26.2009 12:17:33	13,50	d	n	P	2	S	n
04.26.2009 12:17:34	13,50	d	n	P	3	S	n
04.26.2009 12:17:35	13,50	d	n	P	3	S	n
04.26.2009 12:17:36	13,50	d	n	P	4	NV	n
04.26.2009 12:17:37	13,50	d	n	P	4	NV	n
04.26.2009 12:17:38	13,50	d	n	P	4	NV	n
04.26.2009 12:17:39	13,50	d	n	P	4	NV	n
04.26.2009 12:17:40	13,50	d	n	P	4	NV	n
04.26.2009 12:17:41	13,50	d	n	P	4	NV	n
04.26.2009 12:17:42	13,50	d	n	P	4	NV	n
04.26.2009 12:17:43	13,50	d	n	P	4	NV	n
04.26.2009 12:17:44	14,00	d	n	P	4	NV	n

Tablica 2. Legenda po kojoj su upisivani podaci o tipu vegetacijskog pokrova, gustoći vegetacijskog pokrova, tipu dna te eventualno prisutnosti ribolovnog alata u jedinstvenu tablicu.

Tip vegetacije		Gustoća vegetacije		Tip dna		Ribolovni alat	
Simbol	Opis	Simbol	Opis	Simbol	Opis	Simbol	Opis
P	<i>Posidonia</i>	4	Vegetacijski pokrov = 100%	NV	Podloga nije vidljiva zbog guste vegetacije	V	vrša
A	Alge	3	Vegetacijski pokrov > 50%	S	Sediment (sitni ili krupni sediment)		
C	<i>Cymodocea</i> (kad je prisutna sama)	2	Vegetacijski pokrov = 50 %	KB	Stijene		
CA	Rijetka <i>Cymodocea</i> i alge (iako je <i>Cymodocea</i> rijetka u kombinaciji s algama mogu zajedno prekriti i veće površine dna)	1	Vegetacijski pokrov < 50%	KU	Nepovezano kamenje		
B	Golo morsko dno	0	Golo morsko dno				

5. REZULTATI

Ovaj diplomski rad je rezultat dijela istraživanja napravljenog tijekom projekta „Staništa NATURA 2000 u infralitoralnoj Nacionalnog parka Kornati“, izrađenog 2009. godine za Državni zavod za zaštitu prirode RH (sufinanciranje znanstvenog projekta Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske broj 119-0362975-1226: Istraživanje ugroženih staništa morem preplavljenog krša u obalnom moru Hrvatske, voditeljica T. Bakran-Petricioli), kao i rada na znanstvenom projektu Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske broj 269-0362975-3174: Ekologija i praćenje stanja bentoskih životnih zajednica hrvatskoga Jadrana (voditelj S. Schultz). Detaljan prikaz cjelokupnog projekta „Staništa NATURA 2000 u infralitoralnoj Nacionalnog parka Kornati“ i njegovih rezultata dan je u Izvješću za Državni zavod za zaštitu prirode (Bakran-Petricioli i sur., 2009).

5.1 Pregledni prikaz snimljenih transekata

U Tablici 3 detaljno su prikazani rezultati za transekte napravljene u travnju, lipnju, kolovozu i prosincu 2009. godine: naziv transekta, ukupna duljina pojedinih transekata u metrima, koliko od ukupne duljine pojedinog transekta su zauzimala naselja posidonije te na kojoj su se maksimalnoj i minimalnoj dubini pojavljivala na pojedinom transektu. Na dnu Tablice 3 su i ukupni rezultati za sve transekte: ukupna duljina svih transekata, koliko od ukupne duljine svih transekata je zauzimala posidonija te koja je bila maksimalna i minimalna dubina pojavljivanja posidonije tijekom našeg istraživanja u Nacionalnom parku Kornati.

Tablica 3. Pregled rezultata za posidoniju za sve snimljene transekte u NP Kornati

R. br. transe kta	Datum	Naziv transek ta	Maks. dubina posidonije (m)	Min. dubina posidonije (m)	Ukupno posidonija (m)	Ukupno bez posidonije (m)	Ukupna duljina transe kta (m)
1.	2009-04-26	korn1	22,0	6,5	2287,15	1402,23	3689,38
2.	2009-06-09	25m iso	26,5	22,5	564,39	321,79	886,18
3.	2009-06-09	tr1	22,5	6,5	322,47	123,15	445,62
4.	2009-06-09	tr1.2	27,5	9,0	73,14	61,00	134,14
5.	2009-06-09	tr3	27,5	14,0	73,33	144,95	218,28
6.	2009-06-09	tr3.5	30,5	9,0	144,10	40,24	184,34
7.	2009-06-09	tr4	30,0	2,5	207,71	87,12	294,83
8.	2009-06-09	tr5	25,0	3,5	71,80	37,00	108,8
9.	2009-06-09	tr6	29,0	7,0	70,07	52,37	122,44
10.	2009-06-09	tr7	27,0	22,0	304,95	190,58	495,53
11.	2009-06-10	tr1	26,0	18,0	26,02	512,55	538,57
12.	2009-06-10	tr2	25,0	9,0	305,87	217,24	523,11
13.	2009-06-10	tr3	19,0	12,5	54,59	346,13	400,72
14.	2009-06-10	tr4	29,0	22,0	534,19	327,36	861,55
15.	2009-06-10	tr5	29,0	19,5	662,13	357,86	1019,99
16.	2009-06-10	tr6.2	30,0	1,5	321,00	327,95	648,95
17.	2009-06-11	tr1	19,5	12,0	44,15	70,82	114,97
18.	2009-06-11	tr2	21,5	13,5	185,85	556,31	742,16
19.	2009-06-11	tr3	17,0	12,5	13,16	58,19	71,35
20.	2009-06-11	tr4	0	0	0	58,33	58,33
21.	2009-06-11	tr5	26,0	12,5	32,15	44,10	76,25
22.	2009-06-11	tr6	0	0	0	102,35	102,35
23.	2009-06-11	tr7	28,0	5,0	96,98	44,33	141,31
24.	2009-06-11	tr8	18,5	14,0	19,15	155,60	174,75
25.	2009-06-11	tr9	19,5	15,5	20,05	137,76	157,81
26.	2009-06-11	tr10	17,5	11,5	29,77	247,83	277,6
27.	2009-06-11	tr11	0	0	0	93,97	93,97
28.	2009-06-11	tr12	26,5	11,0	58,43	65,30	123,73
29.	2009-06-11	tr13	21,0	3,0	48,78	76,12	124,9
30.	2009-06-11	tr14	0	0	0	166,96	166,96
31.	2009-06-11	tr15	23,0	14,5	14,82	431,79	446,61
32.	2009-06-12	tr1	26,0	1,5	631,08	126,47	757,55
33.	2009-06-12	tr2	26,0	6,5	780,53	66,98	847,51
34.	2009-06-12	tr3	18,0	5,5	347,09	167,70	514,79
35.	2009-06-12	tr4	22,0	4,0	759,88	108,45	868,33
36.	2009-06-12	tr5	18,0	1,5	480,15	180,43	660,58
37.	2009-08-09	tr1	12,5	8,5	1168,56	265,21	1433,77
38.	2009-08-11	tr1	25,0	2,0	553,86	636,34	1190,2
39.	2009-08-11	tr2	17,5	2,0	380,14	280,85	660,99
40.	2009-08-13	tr1	16,5	2,0	344,57	185,88	530,45
41.	2009-08-13	tr2	26,5	4,0	121,33	39,82	161,15
42.	2009-08-13	tr3	0	0	0	94,35	94,35
43.	2009-08-13	tr4	17,5	2,5	36,29	85,92	122,21
44.	2009-08-13	tr5	24,5	14,0	58,95	93,89	152,84
45.	2009-08-13	tr6	21,5	19,0	397,76	293,11	690,87
46.	2009-12--6	tr1	4		931,20	954,23	1885,43
47.	2009-12--6	Tr2	12,5		555,45	9,81	565,26
48.	2009-12--7	tr1	12,5		318,19	881,89	1200,08
49.	2009-12--7	tr2	12,5		53,54	387,52	441,06
50.	2009-12--7	tr3	2		39,26	599,92	639,18
51.	2009-12--7	tr4	14		112,21	189,67	301,88
52.	2009-12--7	tr5	2,5		113,09	1208,33	1321,42
Posidonija			31	1,5			
Ukupno (m)					14769,33	13716,05	28485,38

5.2 Geopozicionirani transekti na karti Nacionalnog parka Kornati i naselja posidonije na njima

Slike (11 do 35) prikazuju neke od transekata snimljene u infralitoralnom području Nacionalnog parka Kornati tijekom travnja, lipnja, kolovoza i prosinca 2009. godine. Snimljeni su podmorskom geo-referenciranom video-metodom te preklopljeni nautičkom kartom, stranica kvadrata na karti je 1000 m. Transekti prikazuju rasprostiranje morske cvjetnice posidonije (*Posidonia oceanica*) i zakonom zaštićenog školjkaša periske (*Pinna nobilis*) duž transekata. Također su prikazani i dubinski profili rasprostiranja posidonije. Svih 52 transekta prikazani su u Izvješću projekta „Staništa NATURA 2000 u infralitoralju Nacionalnog parka Kornati“ (Bakran-Petricioli i sur., 2009).

Od ukupno snimljenih 52 transekta tijekom terenskog rada, za prikaz u ovom diplomskom radu odabrano je njih 12. Transekti su izabrani tako da se pokaže rasprostiranje posidonije u odnosu na obalu i raspon njezinog pojavljivanja na različitim dubinama. Najdulji transekt korn1 (3689 m) snimljen je 26. travnja 2009. godine između otoka Kornata, Abe Donje i Šila Velikog, posidonija se na njemu pojavljuje između 6,5 m i 22 m dubine, u ukupnoj duljini od 2287,15 m (Slike 11 i 12).

Transekt tr3.5 snimljen je 9. lipnja 2009. godine blizu jugozapadne obale otoka Kornata, nasuprot otoka Bisagice, okomito na obalu (Slika 13). Od ukupne dužine transekta (184,34 m) posidonija je zauzimala 144,10 m. Maksimalna dubina posidonije bila je 30,5 m, a minimalna 9 m (Slika 14).

Transekt 25m iso, snimljen 9. lipnja 2009. godine duž izobate od 25 m (Slike 15 i 16). Od ukupne duljine transekta od 886,18 m, posidonija je zauzimala 564,39 m.

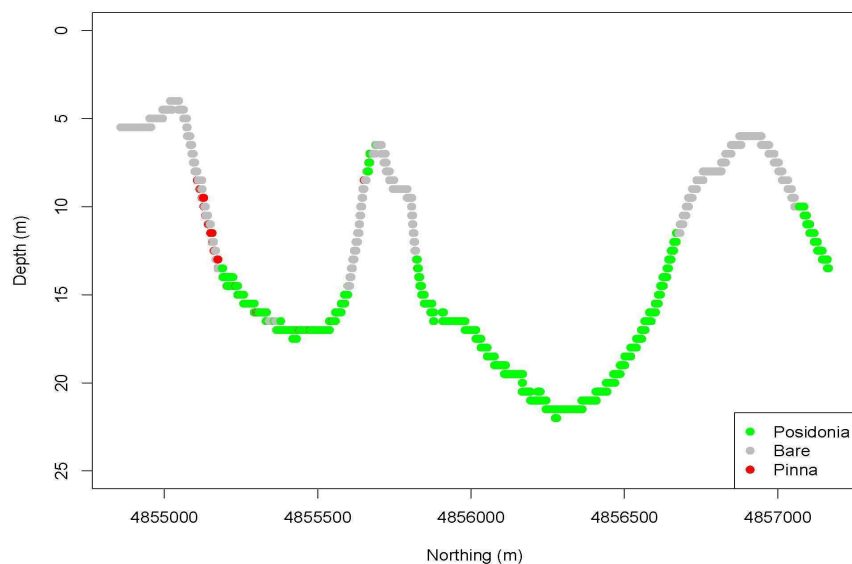
Transekt tr6.2 snimljen je 10. lipnja 2009. godine, iz uvale Pivčena na otoku Kornatu prema dubini. U uvali se posidonija pojavljuje na 1,5 m dubine, zatim u dubinama od 10 do 18 m je nema te se ponovno pojavljuje na većim dubinama (Slike 17 i 18). Od ukupne duljine transekta koji je iznosio 649 m, posidonija je zauzimala 321 m.

Na sjeveroistočnoj obali otoka Kornata snimljeni su 11 lipnja 2009. godine transekti tr5 i tr6. Zanimljivo je da, iako su transekti snimljeni vrlo blizu jedan drugoga i na vrlo sličnom mjestu na obali, na transektu tr5 je posidonija prisutna, a nešto sjevernije na transektu tr 6 nije (Slike 19 i 20). Transekt tr5 imao je ukupnu duljinu 76 m, od toga posidonija zauzimala 49 m.

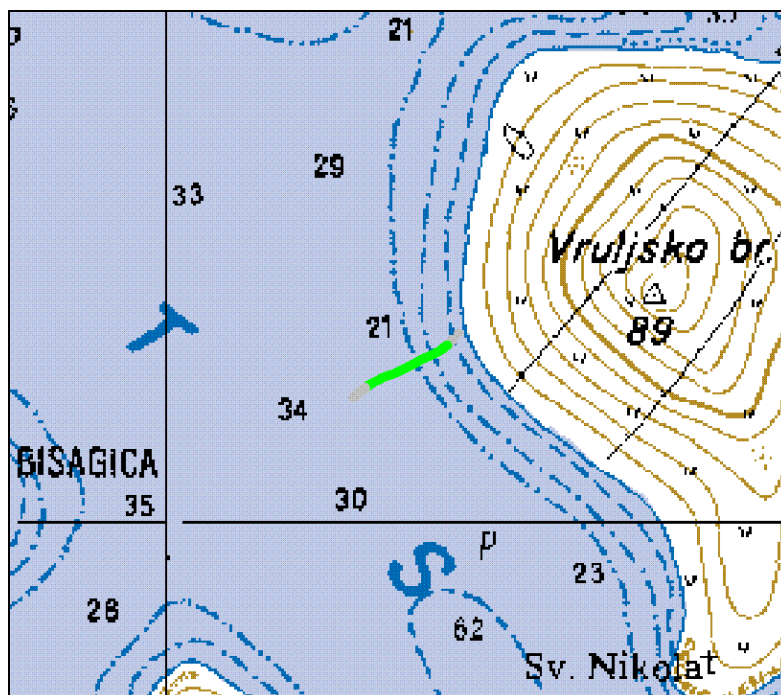
Između otoka Kornata i Šila Velikog 12. lipnja 2009. godine snimljen je transekt tr4 koji je zanimljiv jer je posidonija (zelena boja) prisutna gotovo cijelom njegovom duljinom na različitim dubinama. Ukupna duljina transekta iznosila je 868 m, a od toga je posidonija zauzimala čak 760 m (Slike 21 i 22).



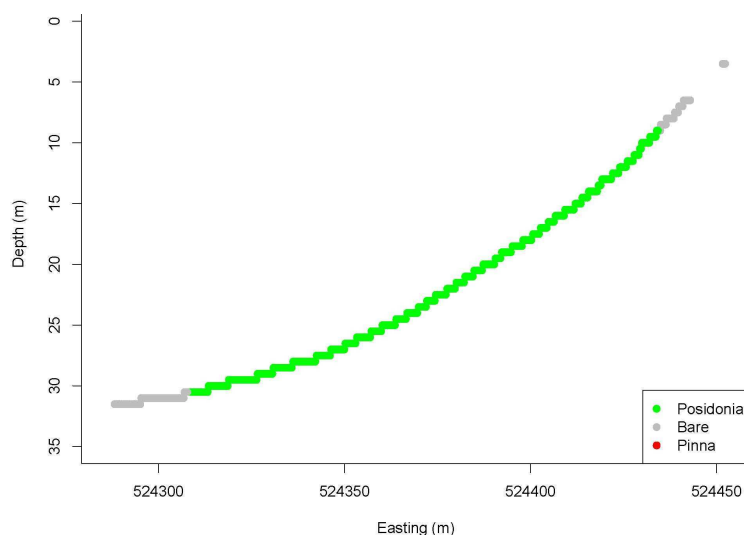
Slika 11. Transekt korn 1 snimljen je 26. travnja 2009. godine geo-referenciranom podmorskom video-metodom u NP Kornati te je preklopljen s nautičkom kartom. Dijelovi transekta na kojima je uočena posidonija označeni su zelenom bojom, a tamo gdje su uočene periske označeno je crvenom bojom.



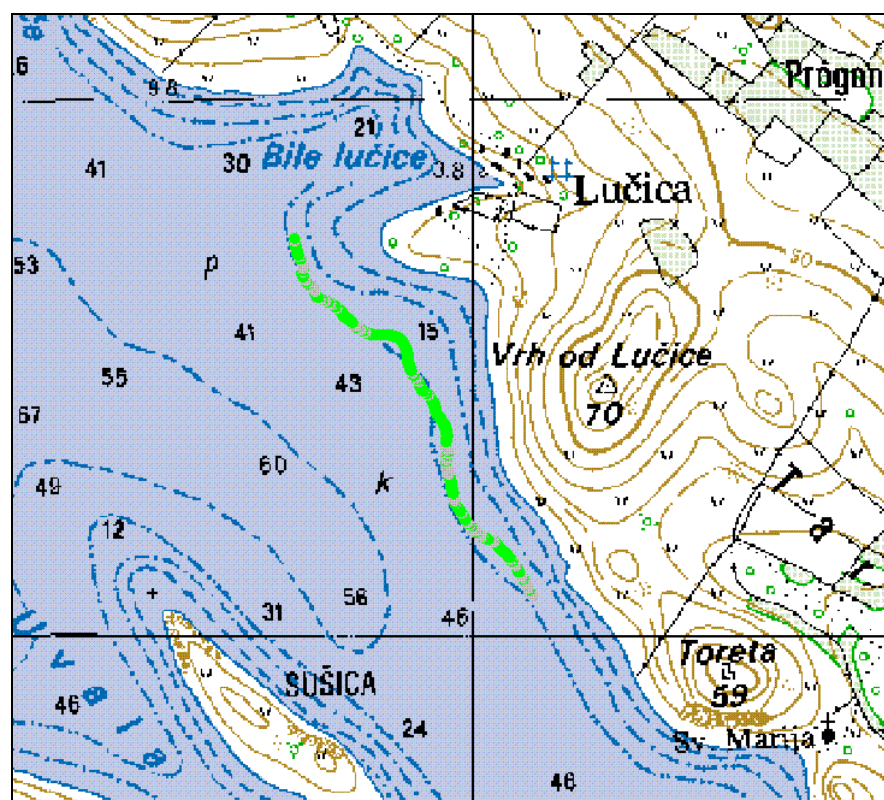
Slika 12. Profil dubine duž video-transekta korn1 snimljen 26. travnja 2009. godine između otoka Kornata, Abe Donje i Šila Velikog. Minimalna dubina na kojoj se pojavljuje posidonija (zeleni boja) bila je 6,5 m, a maksimalna 22,0 m. Periske su uočene na tri mjesta duž transekta (crvena boja).



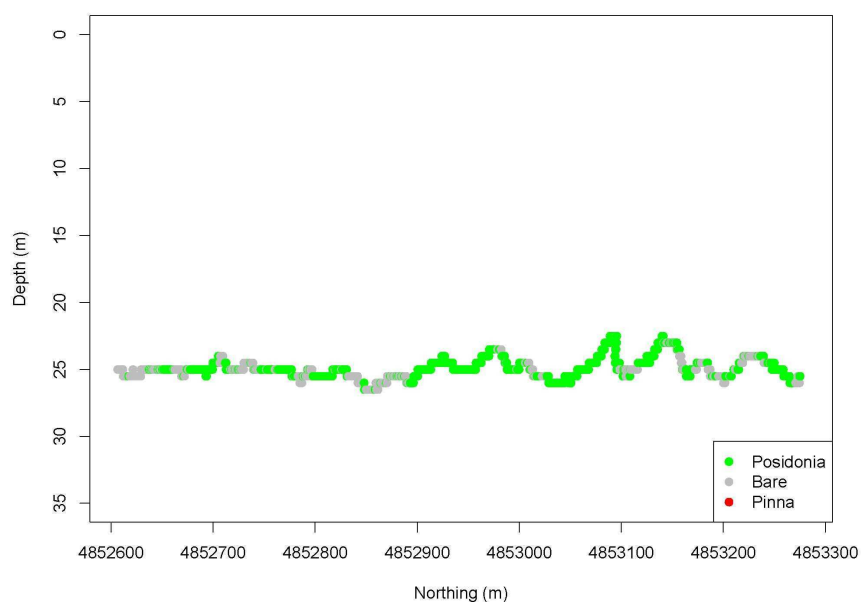
Slika 13. Transekt tr3.5 snimljen je 9. lipnja 2009. godine okomito na obalu otoka Kornata preklopljen s nautičkom kartom. Zanimljiv je zbog toga jer pokazuje prisutnost posidonije od manjih prema većim dubinama (zelena boja).



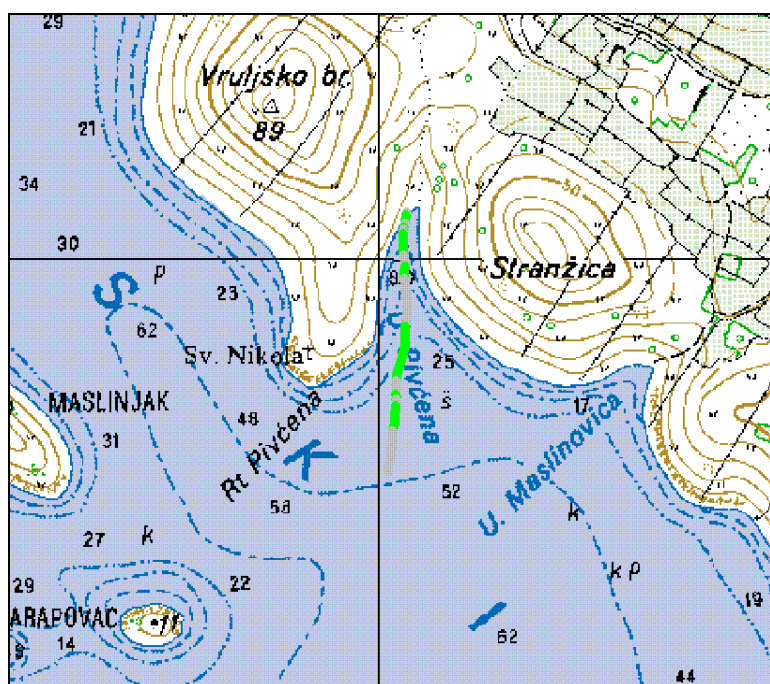
Slika 14. Profil dubine duž video-transekt tr3.5 napravljenog 9. lipnja 2009. godine. Na slici se jasno vidi raspon dubine u kojem je prisutna posidonija (zelena boja): od 9,0 m sve do maksimalne dubine od 30,5 m. Periske nisu uočene.



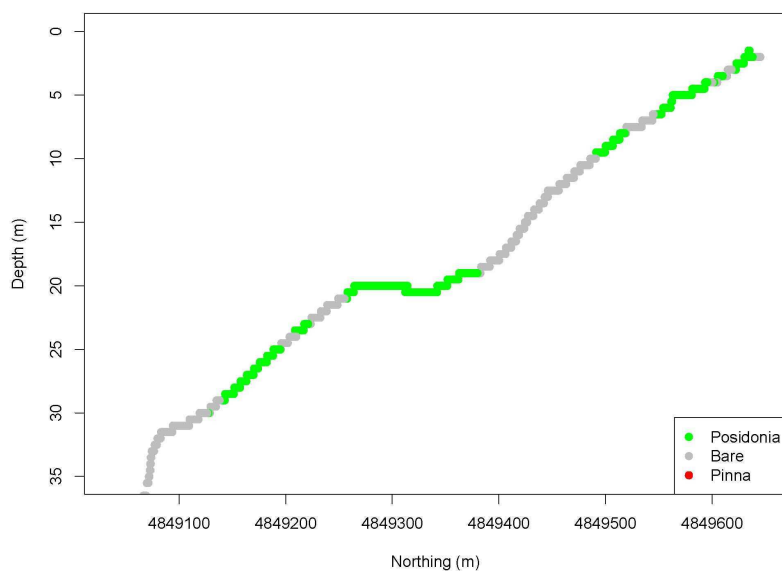
Slika 15. Transekt 25m iso snimljen je 9. lipnja 2009. godine podmorskom geo-referenciranom video-metodom uz obalu otoka Kornata te je preklapljen s nautičkom kartom. Sniman je po izobati, zelena boja pokazuje prisutnost posidonije.



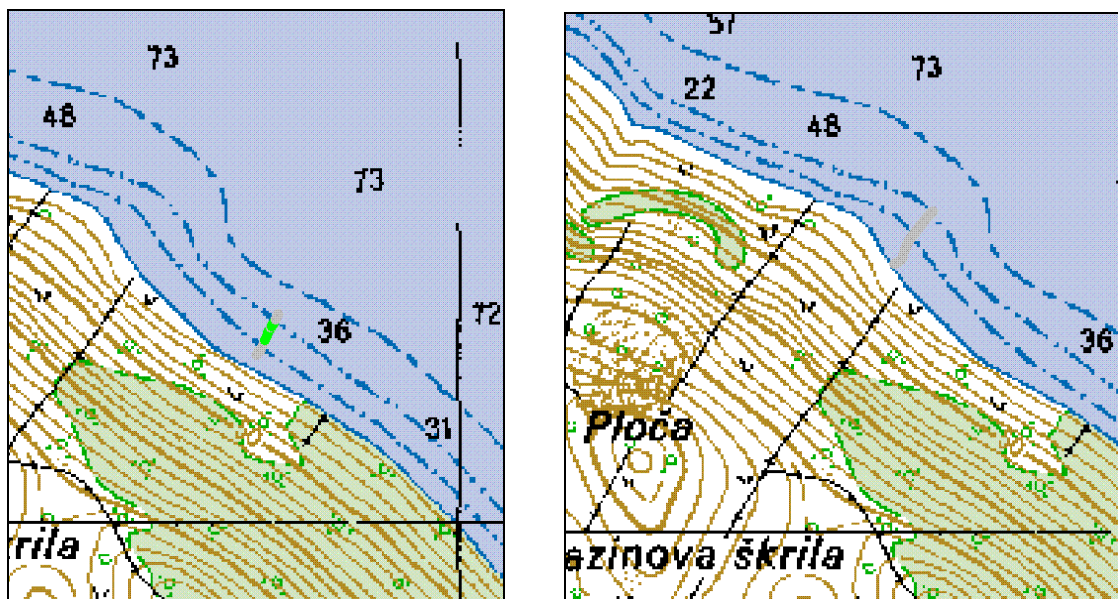
Slika 16. Transekt 25m iso snimljen po izobati od 25 m, zelenom su bojom prikazana područja na kojima je prisutna posidonija.



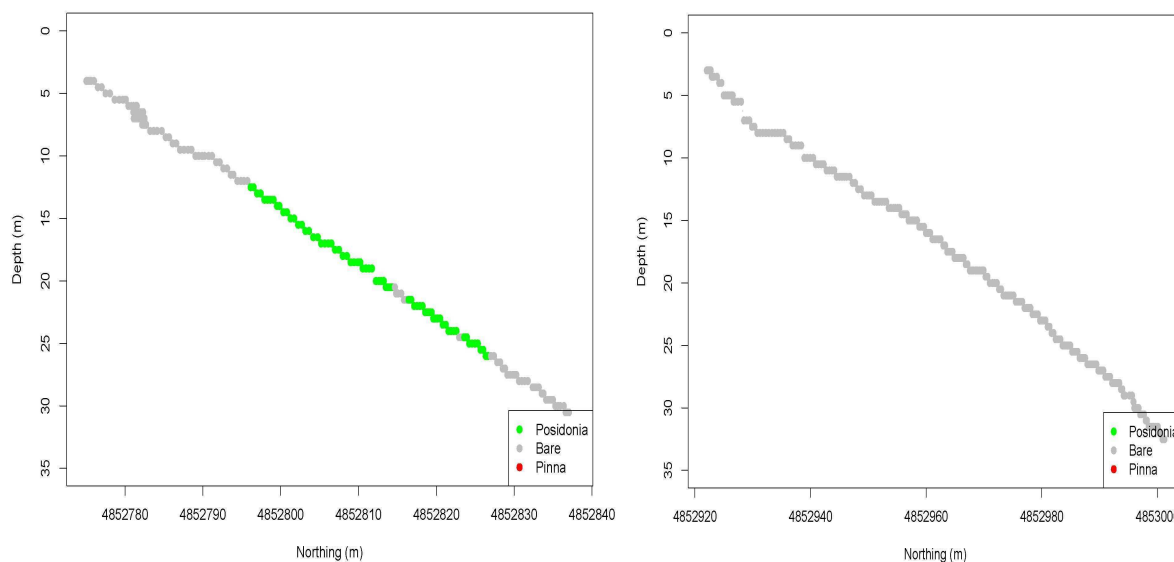
Slika 17. Transekt tr6.2 snimljen je 10. lipnja 2009. godine u uvali Pivčena na otoku Kornatu te prikazuje prisutnost posidonije od manjih prema većim dubinama (zelena boja).



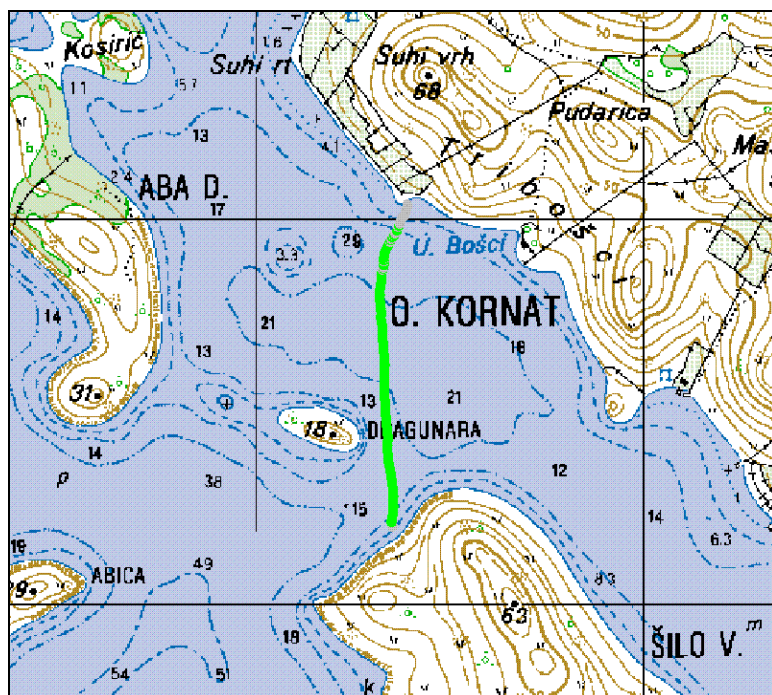
Slika 18. Profil dubine duž video-transekt tr6.2 napravljenog u uvali Pivčena na otoku Kornatu 10. lipnja 2009. godine. Veći dio transekt je bez posidonije (sivo područje), minimalna dubina pojavljivanja posidonije je 1,5 m, a maksimalna na čak 30 m.



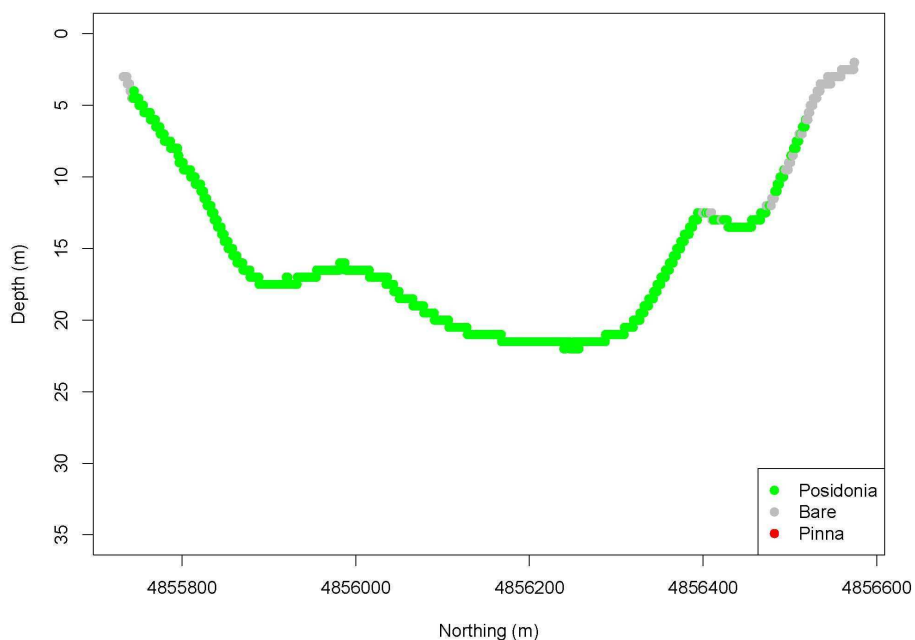
Slika 19. Transekti tr5 (lijevo) i tr6 (desno) snimljeni podmorskom geo-referenciranom video-metodom 11. lipnja 2009. godine. Na transektu tr5 (lijevo) bila je prisutna posidonija (zelena boja) dok nešto sjevernije od njega na transektu tr6 (desno) nije uočena.



Slika 20. Profili dubine duž video-transektu tr5 (lijevo) i tr6 (desno) napravljenih 11. lipnja 2009. godine. Minimalna dubina na kojoj se pojavljuje posidonija na transektu tr5 (lijevo) je 12,5 m, a maksimalna 26 m. Periske nisu uočene.

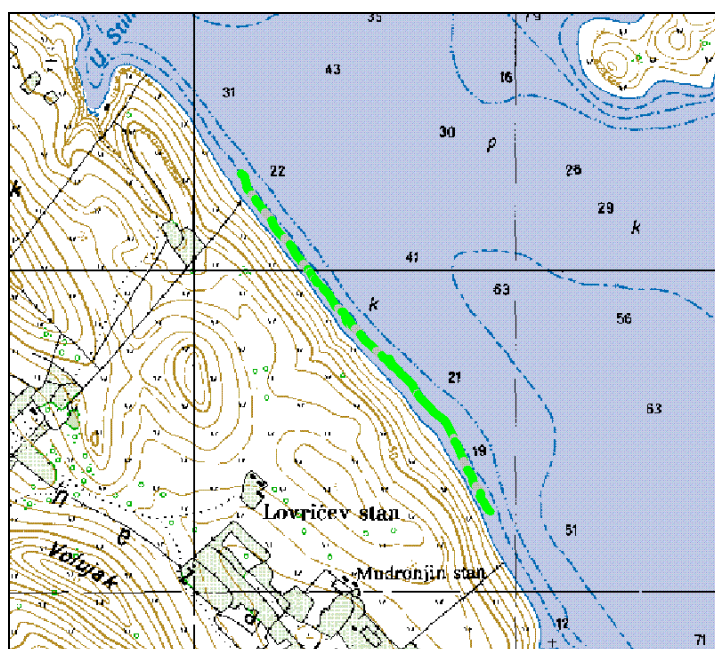


Slika 21. Transekt tr4 snimljen je podmorskom geo-referenciranom video-metodom između otoka Kornata i Šila Velikog 12. lipnja 2009. godine te je preklopljen s nautičkom kartom,. Transekt je zanimljiv jer pokazuje prisutnost posidonije (zeleni boja) na različitim dubinama i to na skoro cijelom transektu.

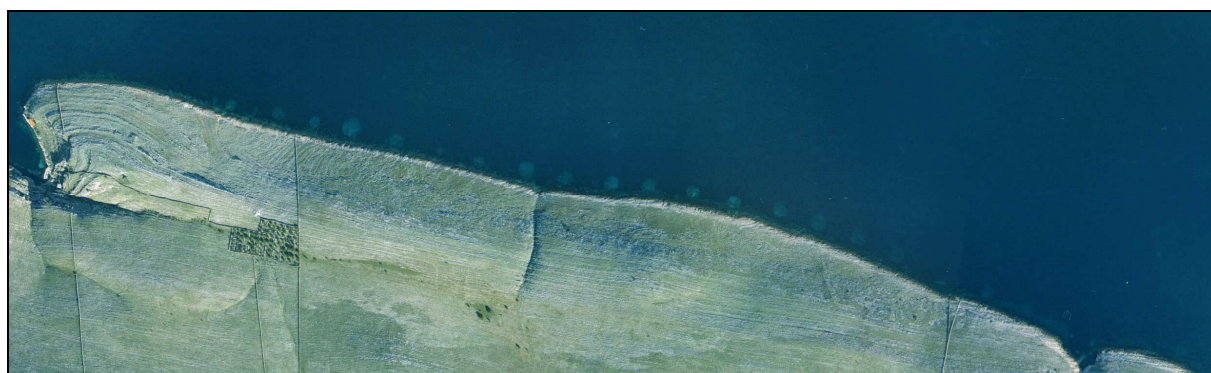


Slika 22. Profil dubine duž video-transekt tr4 napravljenog 12. lipnja 2009. godine. Posidonija je bila prisutna duž skoro cijelog transekt, od dubine 4 m do maksimalne dubine od 22 m.

Transekt tr1 snimljen je duž izobate 9. kolovoza 2009. godine jugoistočno od obale Stiniva na otoku Kornatu (Slika 23). Na transektu je bilo moguće uočiti prekide u naselju posidonije, koje smo mogli povezati s kružnim oštećenjima u naselju uzrokovanim ilegalnim ribolovom dinamitom (Slike 24 i 25). Od ukupne duljine transekta od 1434 m, posidonija je prekrivala 1169 m (Slika 26).



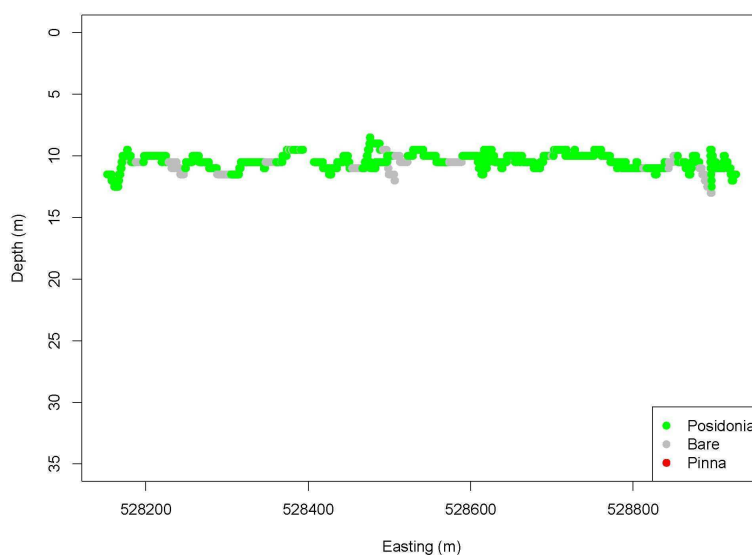
Slika 23. Transekt tr1 snimljen podmorskom geo-referenciranom video-metodom na sjeveroistočnoj obali otoka Kornata 9. kolovoza 2009. godine. Naselje posidonije (zelena boja) duž obale je isprekidano (siva boja) zbog oštećenja uzrokovano dinamitom.



Slika 24. Na satelitskoj snimci snimljenoj na sjeveroistočnoj obali otoka Kornata vide se kružna oštećenja naselja posidonije uzrokovana ilegalnim ribolovom dinamitom.

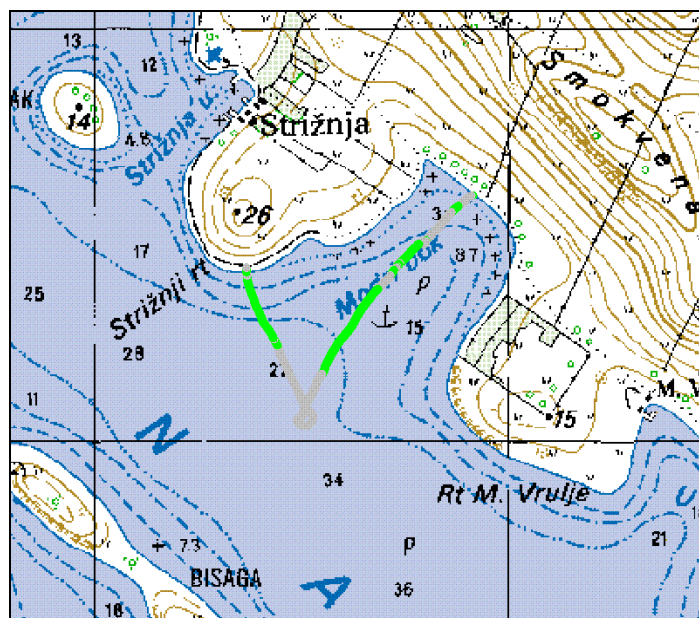


Slika 25. Transekt tr1 (Slika 23) snimljen geo-referenciranom podmorskom video-metodom na sjeveroistočnoj strani otoka Kornata koji je preklapljen sa satelitskom snimkom NP Kornati. (Slika 24).

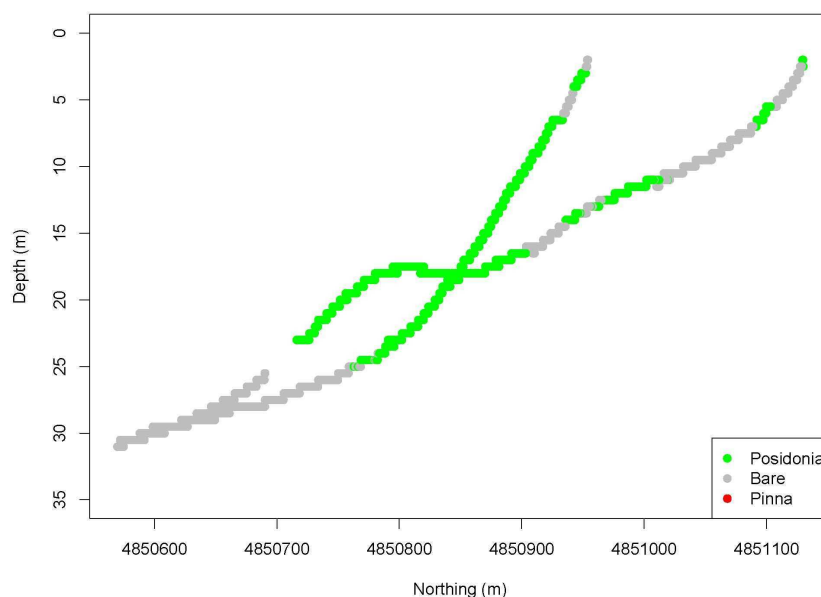


Slika 26. Transekt tr1 snimljen 9. kolovoza 2009. godine na sjeveroistočnoj obali otoka Kornata jasno pokazuje isprekidano naselje posidonije (zelena boja) zbog oštećenja dinamitom. Maksimalna dubina na kojoj se pojavljivala posidonija je 12,5 m, a minimalna 8,5 m. Periske nisu uočene.

Transekt tr1 snimljen je 11. kolovoza 2009. godine u uvali Modri bok na otoku Kornatu, zelenom bojom prikazani su dijelovi transektu na kojima je prisutna posidonija (Slike 27 i 28). Ukupna duljina transektu iznosila je 1190 m, od toga je manje od polovice zauzimala posidonija tj. 554 m (zeleno boja). U samoj uvali posidonija se pojavljuje na dubini od 2 m, nešto dublje nije prisutna (siva boja) pa se ponovo pojavljuje na većim dubinama (17 do 25 m). Na slikama se vrlo lijepo može uočiti donja granica naselja posidonije na tom mjestu uz otok Kornat.

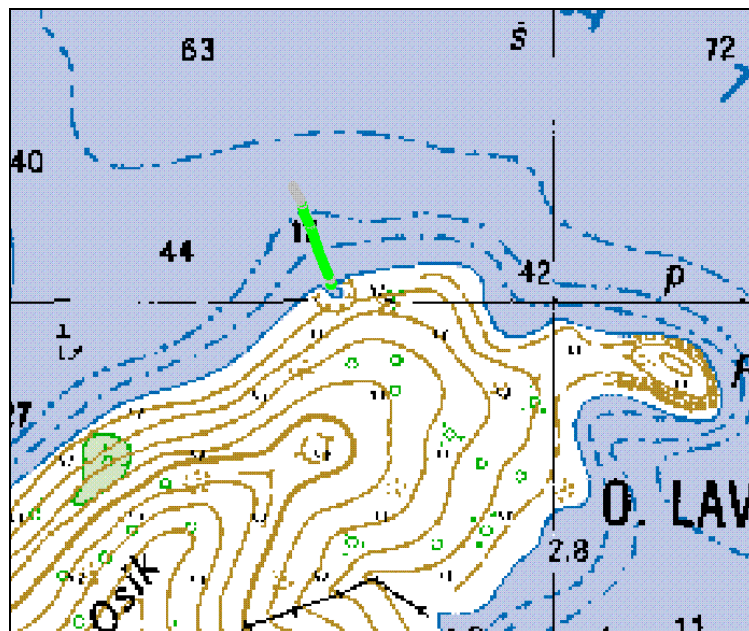


Slika 27. Transekt tr1, snimljen podvodnom geo-referenciranom video-metodom u uvali Modri bok 11. kolovoza 2009. godine. Zelenom bojom prikazana su područja na kojima je prisutna posidonija.

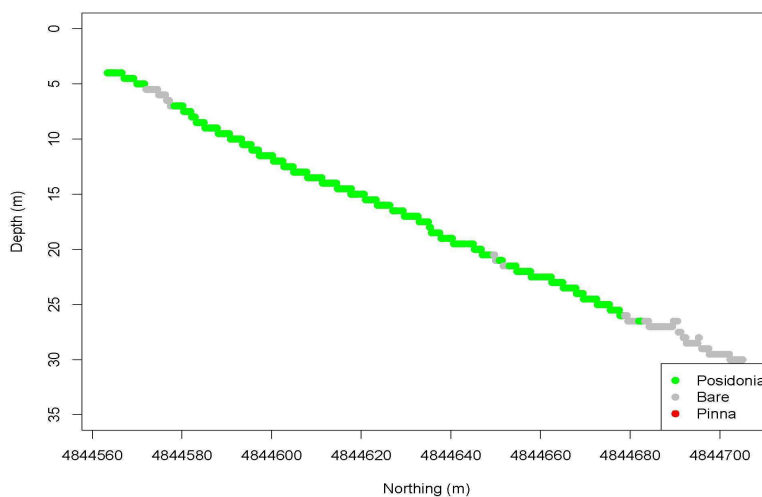


Slika 28. Profil dubine duž video-transektu tr1 napravljenog u uvali Modri bok u NP Kornati 11. kolovoza 2009. godine. Minimalna dubina na kojoj se pojavljuje posidonija bila je 2 m, a maksimalna 25 m. Periske nisu uočene.

Transekt tr2 snimljen je kraj otoka Lavse okomito na obalu podmorskom geo-referenciranom video-metodom 13. kolovoza 2009. godine (Slika 29). Od ukupne dužine transekta (161 m), posidonija je zauzimala čak 121 m. Posidonija se pojavljuje na dubini od 4 m (zeleni boja), te je prisutna sve do dubine od 26,5 m (Slika 30).

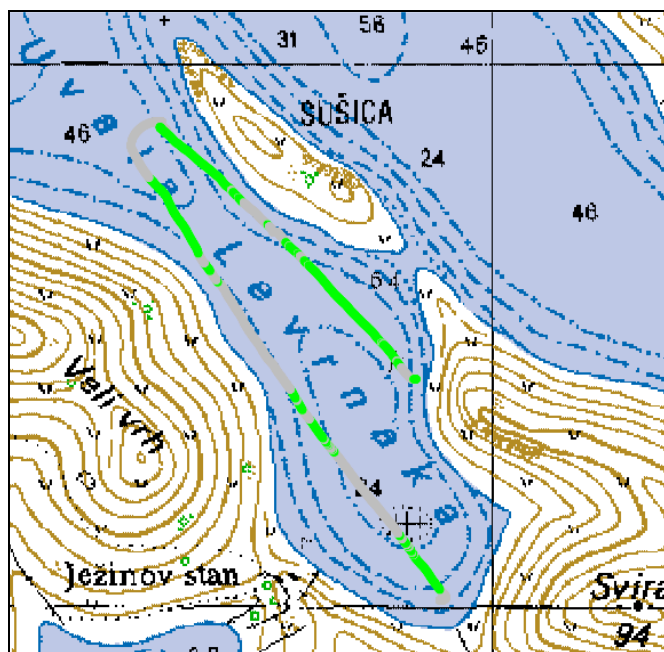


Slika 29. Transekt tr2 snimljen kraj otoka Lavse, okomito na obalu, podmorskom geo-referenciranom video-metodom 13. kolovoza 2009. godine te preklopljen s nautičkom kartom.

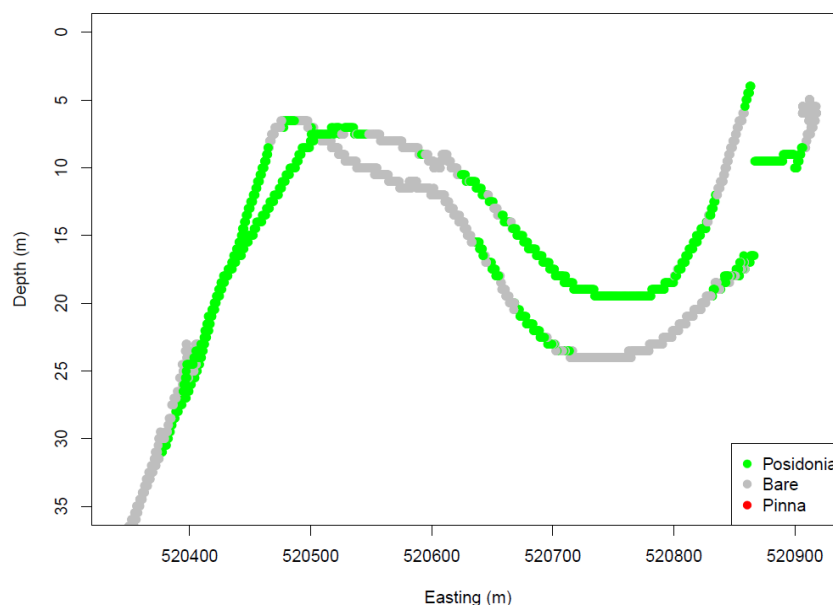


Slika 30. Profil dubine duž video-transekta tr2 snimljenog kraj otoka Lavse 13. kolovoza 2009. godine. Posidonija se pojavljuje na dubini od 4 m (zeleni boja), te je prisutna sve do dubine od 26,5 m.

Transekt tr1 snimljen podmorskom geo-referenciranom video-metodom u uvali Levrnaka na otoku Levrnaka 6. prosinca 2009. godine (Slika 31). Od ukupne duljine transektu od 1885 m, posidonija (zelena boja) je zauzimala manje od polovice, odnosno 931 m. Posidonija (zelena boja) se na ovom transektu pojavljuje na maksimalnoj dubini od 31 m i to je najveća dubina na kojoj je posidonija zabilježena u našem istraživanju (Slika 32).

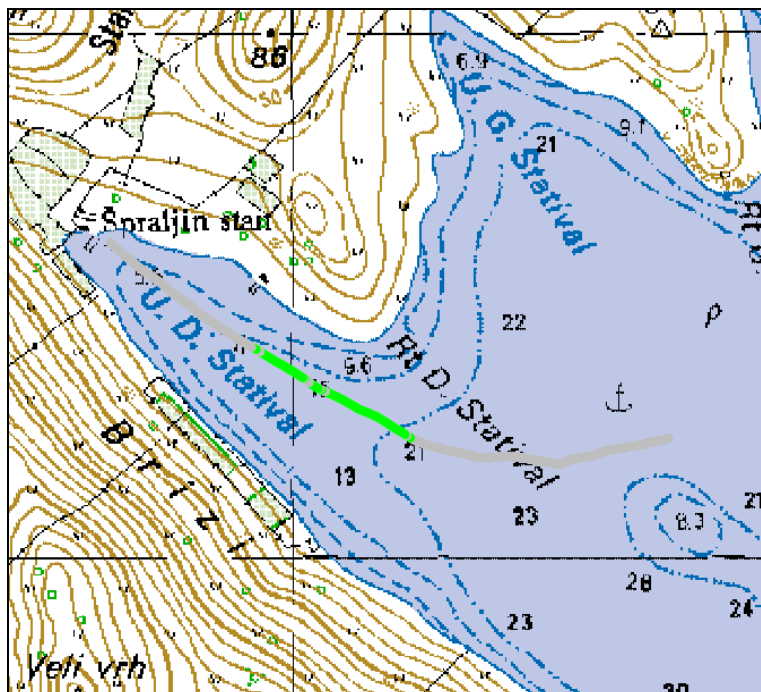


Slika 31. Transekt tr1 snimljen podmorskom geo-referenciranom video-metodom u uvali Levrnaka na otoku Levrnaka 6. prosinca 2009. godine, preklopljen s nautičkom kartom.

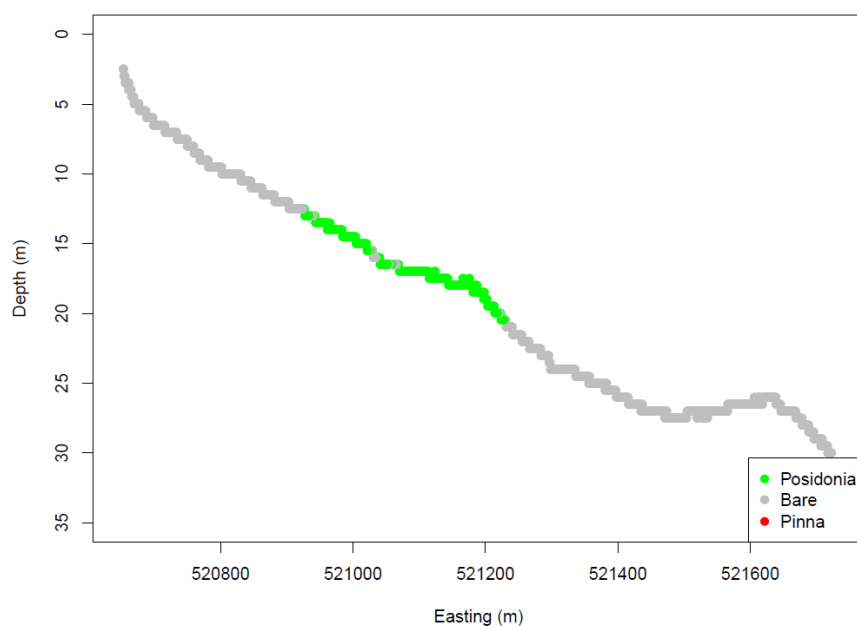


Slika 32. Profil dubine duž video-transektu tr1 napravljenog u uvali Levrnaka u NP Kornati 6. prosinca 2009. godine. Posidonija (zelena boja) se na ovom transektu pojavljuje na maksimalnoj dubini od 31 m i to je najveća dubina na kojoj je posidonija zabilježena u našem istraživanju.

Transekt tr1 snimljen podmorskom geo-referenciranom video-metodom u uvali Donji Statal na sjeveroistočnoj strani otoka Kornata 7. prosinca 2009. godine (Slika 33). Zanimljivo je da posidonije nije bilo na manjim dubinama unutar zatvorenijeg (uvučenijeg) dijela uvale Donji Statal. Ona se pojavljuje tek na dubini od 12,5 m pa sve do maksimalno 20,5 m (Slika 34). Od ukupne duljine transeкта koja je iznosila 1200 m, posidonija je zauzimala samo 318 m.



Slika 33. Transekt tr1, snimljen podmorskom geo-referenciranom video-metodom u uvali Donji Statal na sjeveroistočnoj strani otoka Kornata 7. prosinca 2009. godine, preklopljen s nautičkom kartom.

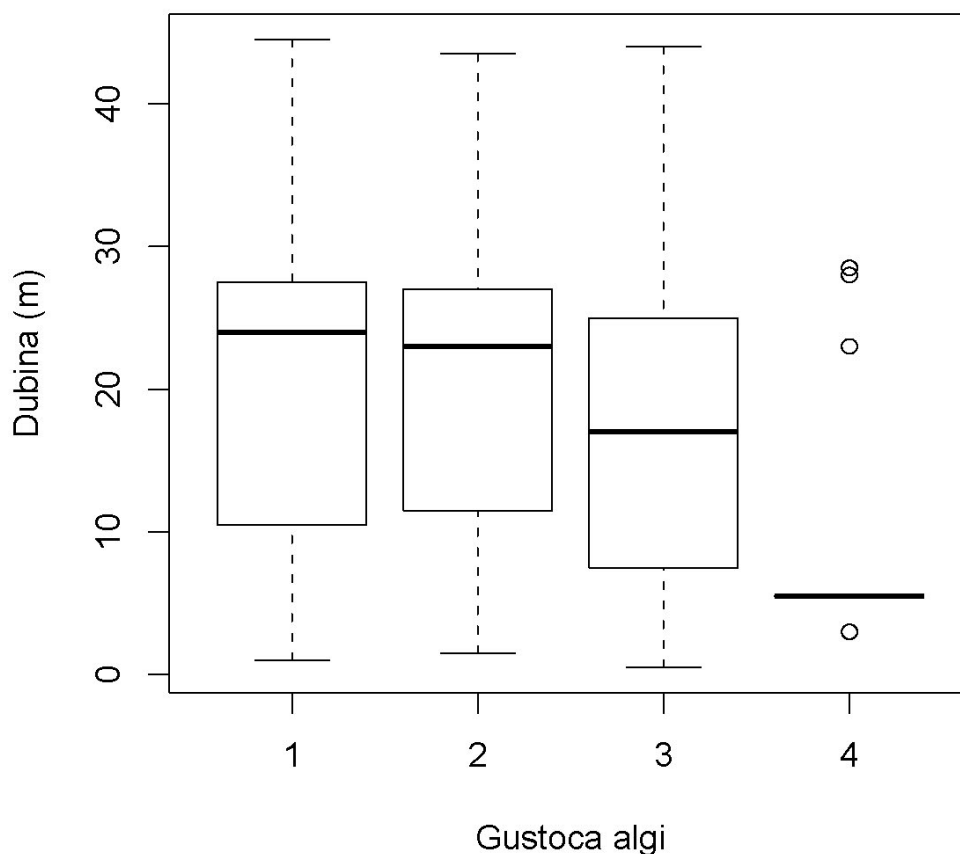


Slika 34. Profil dubine duž video-transeкта tr1 snimljenog u uvali Donji Statal na otoku Kornat 7. prosinca 2009. godine. Posidonija (zelena boja) se pojavljuje od 12,5 m pa do maksimalno 20,5 m. Na većim dubinama nije uočena.

5.3 Gustoća vegetacijskog pokrova

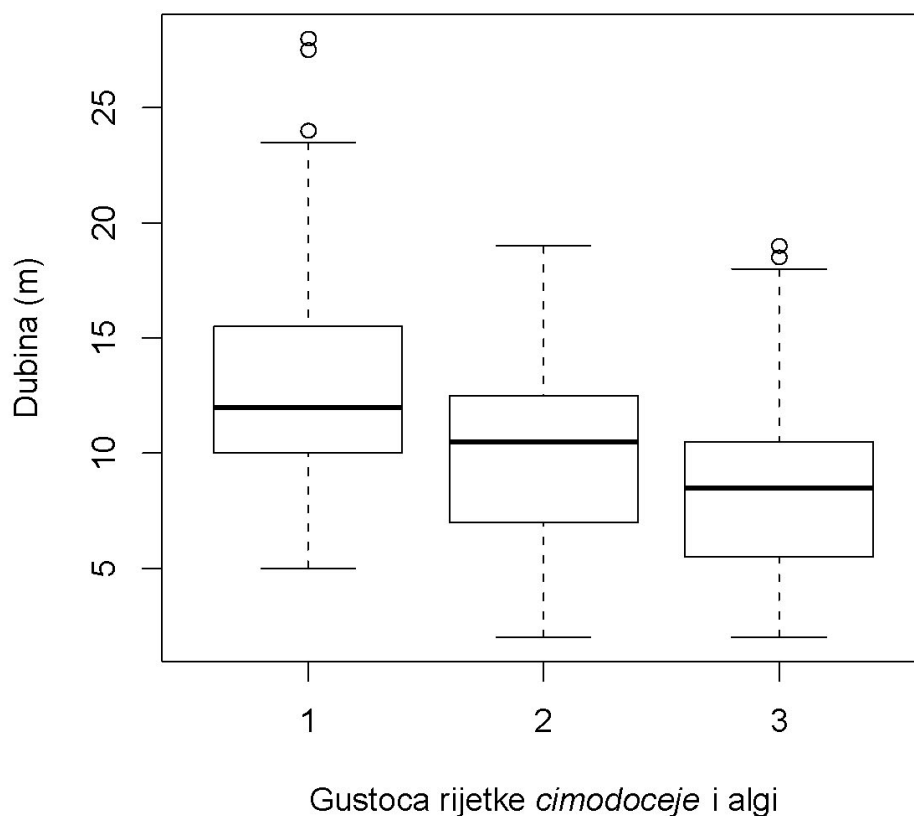
Na temelju kvantitativne obrade svih podataka prikupljenih tijekom terenskog istraživanja (vidi Tablice 1 i 2) odredili smo gustoću vegetacijskog pokrova zajednica prisutnih u infralitoralnoj Nacionalnog parka Kornati.

Alge se pojavljuju u plitkom infralitoralju i na sedimentnom i na čvrstom dnu. S dubinom se gustoća naselja algi smanjuje (Slika 35). Vrlo je malo područja duž snimljenih transekata koja su sasvim prekrivena algama. Prevladavaju područja na kojima algi ima (gustoće 1, 2 i 3, Tablica 2), no dolaze u kombinaciji sa sedimentnim ili kamenitim dnom.



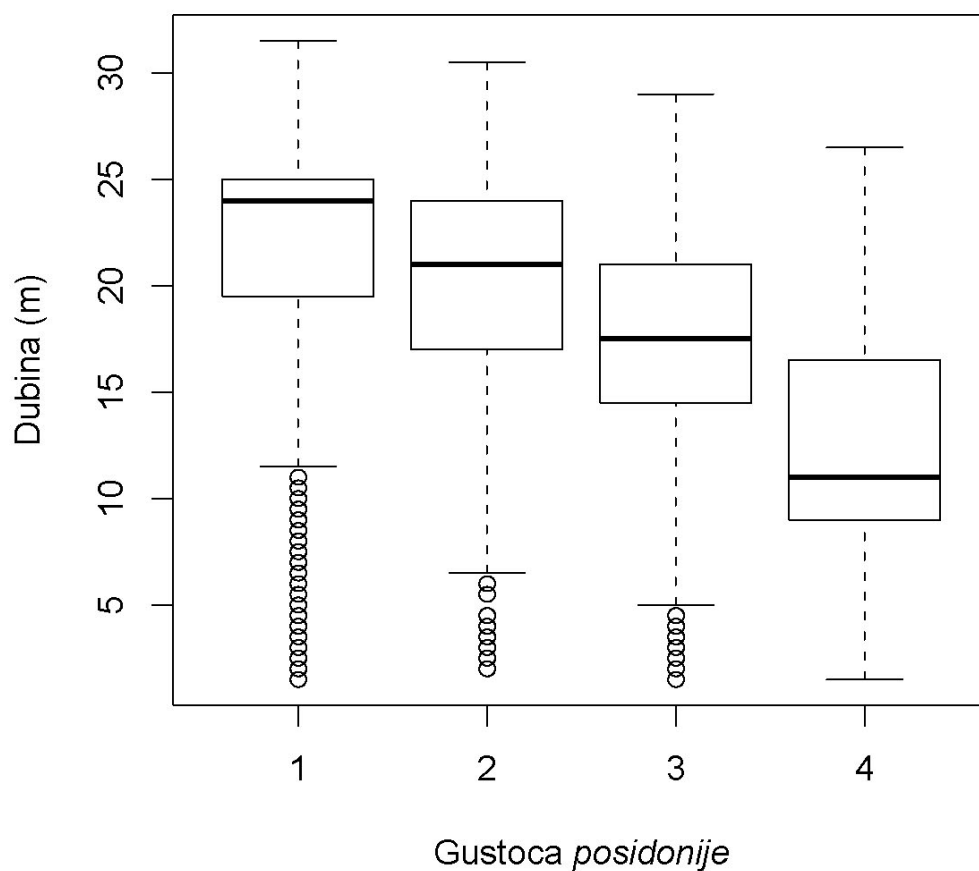
Slika 35. Ovisnost gustoće vegetacijskog pokrova algi i dubine prikazana u obliku pravokutnih dijagrama (gustoće objašnjene u Tablici 2, str. 19; debela vodoravna crta unutar pravokutnika je medijan, donja i gornja stranica pravokutnika su granice donjeg i gornjeg kvartila, a crtkanom linijom je prikazan raspon od najmanje do najveće vrijednosti, kružići prikazuju pojedinačne podatke koji odstupaju).

Biocenoza zamuljenih pijesaka zaštićenih uvala najčešće se pojavljuje na malim dubinama (Slika 36), u zatvorenijim uvalama kao što su npr. uvala Šipnate na o. Kornatu ili uvala Lavsa na o. Lavsi. Unutar ove biocenoze, posebno dobro razvijene u uvali Lavsa, pojavljuje se asocijacija s vrstom *Cymodocea nodosa*. Ovu zajednicu često karakterizira naselje rijetke cimodoceje i nepričvršćenih algi, koje je bilo prisutno na manjim dubinama od onih na kojima dominiraju same alge ili posidonija - najveća gustoća bila je na dubinama oko 9 m, a najmanja na oko 12 m dubine (Slika 36).



Slika 36. Ovisnost gustoće vegetacijskog pokrova rijetke cimodoceje s algama i dubine prikazana u obliku pravokutnih dijagrama (gustoće objašnjene u Tablici 2, str. 19; debela vodoravna crta unutar pravokutnika je medijan, donja i gornja stranica pravokutnika su granice donjeg i gornjeg kvartila, a crtkanom linijom je prikazan raspon od najmanje do najveće vrijednosti, kružići prikazuju pojedinačne podatke koji odstupaju).

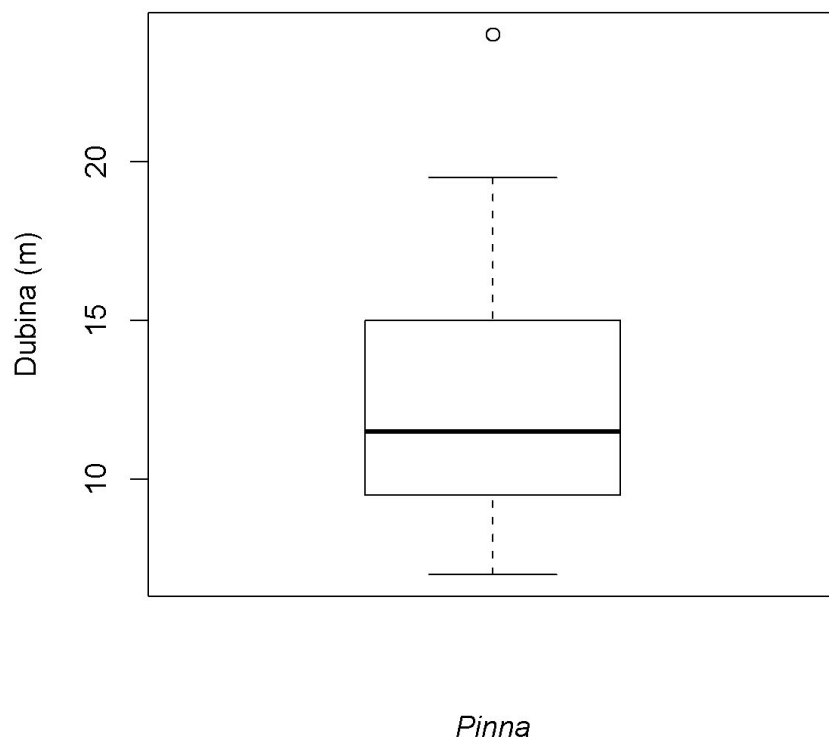
Biocenoza naselja *Posidonia oceanica* razvijena je u infralitoralu na krupnim pijescima s više ili manje mulja ali i na kamenitoj podlozi i to u rasponu od 1,5 m dubine pa sve do dubine od 31 m (Tablica 3). Iz Slike 37. jasno je vidljivo da je gustoća naselja posidonije najveća na oko 12 m dubine, a s dubinom (smanjenjem intenziteta svjetlosti) se smanjuje. Naselja su najrjeđa na dubinama od 24 metra.



Slika 37. Ovisnost gustoće vegetacijskog pokrova naselja morske cvjetnice *Posidonia oceanica* i dubine na kojoj je prisutna prikazana u obliku pravokutnih dijagrama (gustoće objašnjene u Tablici 2, str. 19; debela vodoravna crta unutar pravokutnika je medijan, donja i gornja stranica pravokutnika su granice donjeg i gornjeg kvartila, a crtkanom linijom je prikazan raspon od najmanje do najveće vrijednosti, kružići prikazuju pojedinačne podatke koji odstupaju).

5.4 Plemenita periska (*Pinna nobilis*) na snimljenim transektima

Školjkaš plemenita periska (*Pinna nobilis*), naš zakonom zaštićeni školjkaš, pojavljuje se i u Biocenozi naselja *Posidonia oceanica* i u Biocenozi zamuljenih pijesaka zaštićenih uvala. Slika 38. pokazuje da se tijekom našeg istraživanja plemenita periska najčešće pojavljivala na dubinama oko 11 m.



Slika 38. Učestalost pojavljivanja plemenite periske (*Pinna nobilis*) u ovisnosti o dubini prikazana u obliku pravokutnih dijagrama (debela vodoravna crta unutar pravokutnika je medijan, donja i gornja stranica pravokutnika su granice donjeg i gornjeg kvartila, a crtkanom linijom je prikazan raspon od najmanje do najveće vrijednosti).

6. RASPRAVA

Ovaj diplomski rad je rezultat dijela istraživanja napravljenog tijekom projekta „Staništa NATURA 2000 u infralitoralu Nacionalnog parka Kornati“, izrađenog 2009. godine za Državni zavod za zaštitu prirode RH (sufinanciranje znanstvenog projekta Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske broj 119-0362975-1226: Istraživanje ugroženih staništa morem preplavljenog krša u obalnom moru Hrvatske, voditeljica T. Bakran-Petricioli), kao i rada na znanstvenom projektu Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske broj 269-0362975-3174: Ekologija i praćenje stanja bentoskih životnih zajednica hrvatskoga Jadrana (voditelj S. Schultz). Detaljan prikaz cjelokupnog projekta „Staništa NATURA 2000 u infralitoralu Nacionalnog parka Kornati“ i njegovih rezultata dan je u Izvješću za Državni zavod za zaštitu prirode (Bakran-Petricioli i sur., 2009).

Cilj ovog rada bio je snimanje nultog stanja zajednica infralitoralnih bentoskih staništa u podmorju Nacionalnog parka Kornati, odnosno priprema za buduće praćenje njihova stanja uz korištenje originalne metode geo-referenciranog podmorskog video snimanja (Schultz, 2008). Cilj je također bio odrediti tip i relativnu gustoću vegetacijskog pokrova u istraživanim zajednicama.

Metoda geo-referenciranog podmorskog video-snimanja pokazala se vrlo uspješnom i primjerenom za naše istraživanje jer ima nekoliko prednosti: brzo sakupljanje prostorno i vizualno visoko razlučivih podataka, tijekom snimanja ne oštećuju se bentoske zajednice i organizmi, istodobno se može snimati više varijabli, a svaki snimljeni centimetar bentoskog staništa i organizama u njemu trajno je zabilježen, kao što je to već utvrdio Schultz (2008). To je zbog toga jer je za svaki snimljeni dio morskog dna zabilježena točna GPS pozicija, što omogućuje da se nakon određenog vremenskog perioda možemo vratiti na isti transekt, snimiti ga ponovo te usporediti s prvotnim transektom. Nakon detaljne obrade podataka može se precizno odrediti da li je došlo do promjene stanja u nekoj bentoskoj zajednici i u kojoj mjeri. Osim toga, kvantitativnom analizom podataka (obrađeni video-materijal, Tablica 1) moguće je odrediti i relativnu gustoću vegetacijskog pokrova u infralitoralu istraživanog područja (vidi Tablicu 2). Prema tome naše podatke dobivene detaljnom obradom video materijala (Tablica 1) snimljenog u podmorju Nacionalnog parka Kornati možemo smatrati nultim stanjem bentoskih zajednica infralitorala npr. naselja posidonije.

Praćenje stanja bentoskih zajednica, posebno naselja morskih cvjetnica važno je zbog toga što one imaju veliku ulogu u morskom ekosustavu (Hossain 2005), te je nužno pratiti promjene kao što su njihova otpornost, zdravlje i distribucija kako bi primijenili odgovarajuću strategiju upravljanja i spriječili gubitke velikih razmjera. Metode kartiranja kao što su satelitsko ili aerofoto snimanje, ultrazvučno snimanje, podvodno snimanje, direktno uzorkovanje sedimenta i organizama ne mogu otkriti gubitke od 10 % i manje u naseljima, zahtijevaju velik utrošak

novca, vremena i stručnosti te zato nisu primjerene za praćenje stanja bentoskih zajednica (Schultz 2008).

Duarte je 2002. naglasio kako je za vrste kao što je npr. posidonija, koja sporo raste i kojoj su potrebna desetljeća da se oporavi, bitno u kratkom vremenu otkriti gubitke. Metoda geo-referenciranog podmorskog video-snimanja se upravo zbog niza prednosti nameće kao idealan izbor za praćenje stanja naselja posidonije u budućnosti upravo zbog jednostavnosti i efikasnosti, a moguće je otkriti gubitke u naseljima posidonije od 10 % pa i manje (Schultz 2008).

Tijekom rada na četiri terenska izlaska u travnju, lipnju, kolovozu i prosincu 2009. godine ukupno je snimljeno i obrađeno 52 geo-pozicionirana video-transekata, ukupne dužine 28485,38 metara (Tablica 3). Tijekom ovog istraživanja nastojali smo obuhvatiti što je više moguće infralitoralnog područja Nacionalnog parka Kornati, a najviše smo snimali u sjeverozapadnom dijelu kornatskog arhipelaga.

Niz čimbenika utjecao je na kvalitetu i količinu prikupljenih podataka: snimati se moglo samo za vrijeme povoljnih vremenskih uvjeta, odnosno kad je more bilo mirno, prije isplavlivanja trebalo je sve uređaje na gumenjaku pažljivo spojiti (Slika 9), a za uspješno snimanje važan je bio i timski rad, odnosno da svaki član posade uspješno izvršava svoj zadatak (Slika 10). Nakon terenskog izlaska trebalo je uložiti dosta vremena za presnimavanje video-materijala na DVD-ove.

Obrada snimljenog video-materijala (kojeg je činilo oko 17 sati snimljenog materijala) sastojala se od gledanja video zapisa i upisivanja podataka u jedinstvenu tablicu (Tablica 1), za što je trebalo dosta vremena i koncentracije. Za svake 2 sekunde video-snimke trebalo je istovremeno pratiti i upisivati više različitih podataka, odnosno osim upisivanja podataka o brzini koja se mijenjala svakih par sekundi, trebalo je voditi računa i o tome kakav je vegetacijski pokrov i da li se u njemu pojavljuje plemenita periska. Kod kvantitativne obrade podataka, gdje je trebalo odrediti koliki postotak zauzima određeni vegetacijski tip (Tablica 2), često je zbog velike brzine plovila trebalo zaustavljati video da bi se precizno odredio postotak vegetacije. Obrada svakog pojedinog DVD-a trajala je oko jedan i pol radni dan.

Za prikaz u ovom diplomskom radu izabrano je 12 snimljenih video-transekata (Slika 12 do 34) koji su birani tako da pokažu rasprostranjenost posidonije u odnosu na obalu i njezin raspon pojavljivanja na različitim dubinama. Biocenoza naselja *Posidonia oceanica* zauzimala je oko 14,7 km od ukupno snimljenih 28,5 km (Tablica 3) što je više od 50 %. Tijekom praćenja video-transekata i obrade podataka uočili smo da posidonija raste na krupnim pijescima s manje ili više mulja ali i na kamenitoj podlozi. Minimalna dubina na kojoj se pojavljivala je 1,5 m, a maksimalna 31 m (Tablica 3). Slika 37. pokazuje da su naselja posidonije bila najgušća na oko 12 m, a s porastom dubine, odnosno smanjenjem intenziteta svjetlosti njihova gustoća se smanjivala.

Biocenoza infralitoralnih algi dominira u plitkom infralitoralu i na kamenju unutar naselja posidonije (Bakran-Petricioli 2007). Tijekom obrade video-transekata uočili smo jako malo područja koja su u potpunosti prekrivena algama, više je područja u kojima alge dolaze u kombinaciji sa sedimentnim i/ili kamenitim dnom. Gustoća algalnog pokrova smanjuje se s dubinom zbog smanjenja intenziteta svjetlosti (Slika 35).

Biocenozu zamuljenih pijesaka zaštićenih obala zabilježili smo u zatvorenijim uvalama kao što su npr. uvala Šipnate na o. Kornatu ili uvala Lavsa na o. Lavsi, a unutar ove biocenoze prisutna je asocijacija s vrstom *Cymodocea nodosa*, koja je posebno razvijena u uvali Lavsa (Bakran-Petricioli i sur. 2009). Tijekom obrade podataka uočili smo da rijetka naselja cimodoceje u kombinaciji s nepričvršćenim algama mogu zauzeti znatne površine te da se pojavljuju na manjim dubinama od onih na kojima dominiraju same alge ili naselja posidonije. Rijetka naselja cimodoceje i algi najgušća su na oko 9 m dubine (Slika 36).

Tijekom obrade video-materijala na više mjesta smo uočili našeg zakonom zaštićenog školjkaša plemenitu perisku (*Pinna nobilis*), koja se najčešće pojavljivala na dubinama oko 11 (Slika 38).

U podmorju NP Kornati uočili smo negativne pojave izazvane ljudskom djelatnošću, kao što su: smeće, ribolovni alati, naselja posidonije oštećena dinamitom na sjeveroistočnoj strani otoka Kornata (Slika 23, 24, 25), naselja posidonije oštećena sidrenjem, stijene oštećene zbog vađenja prstaca ali i pojave kao što su bolesne spužve, propadanje naselja posidonije za koje ne možemo točno reći da su izazvane ljudskom djelatnošću (Bakran-Petricioli i sur., 2009). Istraživanje je pokazalo da nautički turizam i općenito turistička sezona negativno utječu na morski ekosustav Nacionalnog parka Kornati, posebno na staništa koja zauzimaju malu površinu. Naselja posidonije su posebno ugrožena jer polako rastu, a za njihovu obnovu trebaju desetljeća. Ipak, kako turistička sezona traje kratko, staništa i organizmi stignu se „odmoriti“ za vrijeme zime te su još u zadovoljavajućem stanju.

Zbog učinkovitog upravljanja zaštićenim i ugroženim morskim područjima potrebno je nadalje razvijati metodu geo-referenciranog podmorskog video-snimanja kao efikasnu metodu praćenja stanja naselja morskih cvjetnica, odnosno bentoskih zajednica općenito, koja će dovoljno detaljno prikazati nultno stanje, kao i stanje nakon određenog vremenskog perioda. Na taj način bit će moguće na vrijeme uočiti statistički značajne, a time i relevantne promjene u pojedinoj bentoskoj zajednici.

7. ZAKLJUČCI

Metoda geo-referenciranog podvodnog video-snimanja pokazala se uspješnom i primjerenom za naše istraživanje jer ima nekoliko prednosti: brzo sakupljanje visoko prostorno i vizualno razlučivih podataka, tijekom snimanja ne oštećuju se bentoske zajednice i organizmi, a kvantitativnom analizom podataka moguće je odrediti i relativnu gustoću vegetacijskog pokrova u infralitoralu istraživanog područja.

Najveći potencijal ove metode je što može služiti za praćenje stanja bentoskih zajednica u budućnosti jer je za svaki snimljeni centimetar bentoskog staništa i organizama u njemu zabilježena točna GPS pozicija. To nam omogućuje da se nakon određenog vremenskog perioda možemo vratiti na isti transekt, snimiti ga ponovo i usporediti s prvotnim transektom te nakon detaljne obrade podataka precizno odrediti da li je došlo do promjene stanja u nekoj bentoskoj zajednici i u kojoj mjeri.

Tijekom terenskog rada ukupno je snimljeno i obrađeno 52 geo-pozicionirana video-transeкта, ukupne dužine 28,5 kilometara, od čega naselja posidonije zauzimaju oko 14,7 km. Minimalna dubina na kojoj se pojavljivala posidonija je 1,5 m, a maksimalna 31 m.

Istraživanje je pokazalo da su naselja posidonije najgušća na oko 12 m dubine. S porastom dubine (smanjenjem intenziteta svjetlosti) gustoća se smanjuje. Gustoća algalnog pokrova također se smanjuje s dubinom, a naselja rijetke cimodoceje i nepričvršćenih algi pojavljuju se na manjim dubinama od onih na kojima dominiraju same alge ili naselja posidonije. Rijetka naselja cimodoceje i algi najgušća su na oko 9 m dubine. Plemenita periska (*Pinna nobilis*) najčešće se pojavljuje na oko 11 m dubine.

8. LITERATURA

Bakran-Petricioli, T., 2007. Morska staništa – Priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja (serija Biološka raznolikost Hrvatske; ISBN 978-953-7169-31-2). Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 56 str. + 102 str. priloga

Bakran-Petricioli, T., Schultz, S.T., Kruschel, C., Petricioli, D., 2009. Staništa NATURA 2000 u infralitoralnoj Nacionalnog parka Kornati, Izvešće projekta za Državni zavod za zaštitu prirode RH (sufinanciranje znanstvenog projekta Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske broj 119-0362975-1226: Istraživanje ugroženih staništa morem preplavljenog krša u obalnom moru Hrvatske), Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 75 str.

Bellan-Santini, D., Lacaze J.-C., Poizat, C. (1994) Les biocenoses marines et littorales de Mediterranee, Synthèse, menaces et perspectives, Collection Patrimoines Naturels - Vol. 19, Secretariat de la Faune et la Flore, Museum National d'Histoire Naturelle, Paris, 246 str.

Bellan-Santini, D., Bellan, G., Bitar, G., Harmelin, J.-G., Pergent, G. (2002) Handbook for interpreting types of marine habitat for the selection of sites to be included in the national inventories of natural sites of conservation interest. UNEP Action Plan for the Mediterranean, Regional Activity Centre for Specially Protected Areas, Tunis, 217 str.

Duarte, C. M., 2002. The future of seagrass meadows. Environmental Conservation, 29, 192-206.

Finkbeiner, M., Stevenson, B. i Seaman R., 2001. Guidance for Benthic Habitat Mapping: An Aerial Photographic Approach. NOAA (US National Oceanic and Atmospheric Administration, Coastal Services Center) publication NOAA/CSC/20117-PUB, Technology Planning and Management Corporation, Charleston (SAD), 75 str.

Fornes, A., Basterretxea, G., Orfila, A. Jordi, A., Alvarez, A., Tintore, J., 2006. Mapping *Posidonia oceanica* from IKONOS. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 60 (5), 315-322.

Green, P.E., Mumby, P.J., Edwards, A.J., Clark, C.D., 2000. Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management. Coastal Management Sourcebook 3, UNESCO publishing, Paris, 287-291.

Hossain, K. M., 2005. An examination of seagrass monitoring protocols as applied to two New South Wales estuarine settings. Magistarski rad, Australian Catholic University, Fitzroy (Australija), 70 str.

Kirkman, H., 1990. Seagrass distribution and mapping. U: Phillips, R. C., Mc Roy, C. P. (Urednici), Seagrass Research Methods. Monographs on oceanographic methodology, UNESCO. str. 19-25.

Norris, J. G., Wyllie-Echeverria, S., Mumford, T., Bailey, A., Turner, T., 1997. Estimating Basal Area Coverage of Subtidal Seagrass Beds Using Underwater Videography. Aquatic Botany. 58 (3, 4), 269-287.

Orth R. J., Ferguson, R. L., Haddad, K. D., 1991. Monitoring Seagrass Distribution and Abundance Patterns. Coastal Wetlands, Coastal Zone '91 Conference. Long Beach, CA, American Society of Civil Engineers, str. 281-300.

Pérès, J.-M., Gamulin-Brida, H., 1973. Biološka oceanografija, Školska knjiga, Zagreb, 467 str.

Piazzzi, L., Acunto, S., Cinelli, F., 2000. Mapping of *Posidonia oceanica* beds around Elba Island (western Mediterranean) with integration of direct and indirect methods. Oceanologica Acta 23, 339-346.

Schultz, S. T. (2008) Seagrass monitoring by underwater videography: Disturbance regimes, sampling design, and statistical power. Aquatic Botany 88, 228-238.

Short, F. T. i Coles, R. G., 2001. Global Seagrass Research Methods. Elsevier, Amsterdam, 482 str.

Short, F.T., Koch, E. W., Creed, J. C., Magalhaes, K. M., Fernandez, E., Gaeckle, J. L., 2006. Seagrass net monitoring across the Americas: case studies of seagrass decline. Marine Ecology 27, 277-289.

Stoddart, D. R., 1978. Mapping reef and islands. U: Stoddart, D. R., Johannes, R. E. (Urednici), Coral Reefs Research Methods. Monographs on Oceanographic Methodology, UNESCO, str. 17-22.

Zainal, A., Dalby, D., Robinson, I., 1993. Monitoring Marine Ecological Changes on the East Coast of Bahrain with Landsat TM, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 59 (3), 415-421.

Internetski izvori podataka:

http://www.dzzp.hr/dokumenti_upload/20100316/dzzp201003161354460.pdf

<http://www.kornati.hr/hrv/orjentacija.asp>

<http://www.kornati.hr/hrv/unesco.asp>